



Universitat de Lleida

**Prácticas agroalimentarias en el Mediterráneo
Occidental durante la Protohistoria:
Las Leguminosas.
Una nueva propuesta taxonómica e interpretativa**

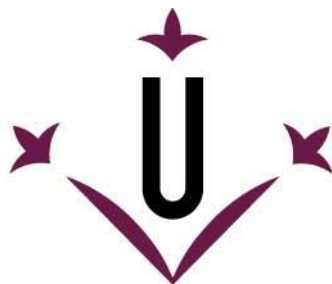
Miguel Tarongi Chavarri

<http://hdl.handle.net/10803/687610>



Prácticas agroalimentarias en el Mediterráneo Occidental durante la Protohistoria: Las Leguminosas. Una nueva propuesta taxonómica e interpretativa està subjecte a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 4.0 No adaptada de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

(c) 2022, Miguel Tarongi Chavarri



Universitat de Lleida

TESI DOCTORAL

**Prácticas agroalimentarias en el Mediterráneo
Occidental durante la Protohistoria:
Las Leguminosas.
Una nueva propuesta taxonómica e
interpretativa**

Miguel Tarongi Chavarri

Memòria presentada per optar al grau de Doctor per la Universitat de
Lleida
Programa de Doctorat en Territori, Patrimoni i Cultura.

Director/a
Natàlia Alonso Martínez

Lleida, 2022

A Eusebio, Mercedes y Miguel Ángel
Mis raíces, mi agricultura

Agradecimientos:

Cómo suele pasar en algunas tesis doctorales, este proyecto se ha acabado alargando más de lo previsto, sin embargo, nada de lo aquí escrito podría haber sido posible sin el apoyo de mucha gente, la cual ha estado a mi lado desde el comienzo hasta el final. Tengo mucho que agradecer a mucha gente por su apoyo personal durante esta larga experiencia, a otra por su colaboración profesional y a otra mucha por ambas cosas al mismo tiempo.

En primer lugar, tengo que dedicar esta tesis doctoral a mi familia, por haber estado a mi lado desde mucho antes de empezar este proyecto, en los años en los cuales estuve buscando una beca o “contrato predoctoral” para realizar esta investigación, sin su apoyo moral, incondicional y en ocasiones económico no habría llegado hasta este punto. Agradezco a mi padre el enseñarme a afrontar los diferentes retos y problemas que en la vida aparecen; a mi hermana por su apoyo total, humor y sacarme una sonrisa cuando más lo necesito; y especialmente a mi madre, la persona que siempre ha apoyado incondicionalmente todas mis decisiones por absurdas y alocadas que fuesen sin plantear una crítica o una mala cara, confiando en mí en cualquier rumbo que he dado en mi vida. Por otro lado, quiero agradecer a mis abuelos y tíos abuelos la inspiración y el conocimiento tradicional que me han brindado sin ser ellos conscientes, siempre he disfrutado vuestras historias y, mientras podáis seguiré haciéndolo. Aunque no tengáis nada claro a que me dedico y que es exactamente lo que hago habéis sido en parte artífices de esta investigación.

En segundo lugar, quiero agradecer a Natàlia Alonso, mi directora de tesis, el haberse embarcado en esta aventura. Ya han pasado 7 años y medio desde que un mañico de pelo largo llegó una mañana de boira a Lleida, con la rara idea de hacer una tesis de leguminosas. A pesar de no conocerme de nada y lo raro del proyecto en seguida te decidiste por dirigir y acompañarme en esta experiencia, en un principio pensé que, por el interés en la temática, pero con los años probablemente sea por tu incapacidad para decir que no... De corazón, espero que estés contenta con mi trabajo y con los resultados que hemos conseguido, a pesar de la poca fe que había a nivel general sobre un trabajo de estas características. También quiero agradecerte tu gran apoyo personal, empatía ante mis problemas personales y tu apoyo fuera del ámbito laboral, siendo una compañera de trabajo y una persona muy cercana fuera del ámbito académico.

En tercer lugar, el pilar que ha sustentado todo esto sin que se haya diluido a lo largo del tiempo y las circunstancias, es Alba Castellano, amiga, colega y compañera en todos los momentos de este largo viaje. Sé que siempre discutimos por las mayores tonterías del mundo, pero a la vez, has hecho que tanto en el laboratorio como en la Cova y el Trivial, haya disfrutado de esta experiencia que todos pintaban de traumática. Has sido un apoyo constante e incondicional en el lado personal y también en el profesional, posponiendo cualquier cosa para echarme una mano cuando más lo he necesitado. No tengo palabras para describir lo mucho que te agradezco todo, valoro y aprecio; solo puedo decirte que ojalá tengas una “Alba” a lo largo de tu tesis como yo te he tenido a ti.

A pesar de no haber una codirección en este trabajo doctoral, quiero enfatizar la gran ayuda prestada por Laurent Bouby, quien amablemente no quiso aceptar este rol a pesar de haber realizado el mismo trabajo. Gracias a su apoyo y al del equipo del ISEM de Montpellier se ha podido realizar los análisis morfo-geométricos en leguminosas, especialmente a Vincent Bonhomme, quien nos ha ayudado en la teoría y sobre todo aplicación de esta técnica y su desarrollo a través de R, sin olvidar a Allowen Evin, Jean-Frédéric Terral, Sarah Ivorra, Valentina Caracuta, Isabel Figueiral, Jérôme Ros y Thierry Pastor.

Este trabajo tampoco habría sido posible sin la colaboración de diferentes arqueobotánicos que amablemente nos han cedido sus materiales, en los cuales se ha aplicado el análisis de morfometría geométrica además de otros estudios. Ellos son Eva Montes Moya, Núria Rovira i Buendía, Guillem Pérez Jordá, Ramón Buxò, Dani López y Laurent Bouby; quienes además de las semillas también nos han facilitado información inédita para el desarrollo de esta tesis. Por otro lado, además de estos investigadores quiero agradecer al resto de arqueobotánicos que me han ayudado con sus comentarios, y apoyo, como Ferrán Antolín, Leonor Peña Chocarro, Marian Berihuete Azorín, Amaia Arranz-Otaegui, Andrés Teira, Joao Tereso, Lluís Seabra, Inés López Dóriga y Carmen Martínez Varea entre otros.

Continuando con la Universitat de Lleida, dentro del Grup d'Investigació Prehistòrica, quiero agradecer a los profesores Emili Junyent, Mònica Bousó y Natàlia Salazar sus ánimos y consejos en estos años de excavaciones y universidad. A Georgina Prats, Ari Nieto y Silvia Vila su amistad, comentarios y acompañamiento en este tramo de mi vida a través de su experiencia y consejos. También a Joan Bernal y Jordi Martínez amigos y compañeros muy presentes en todos estos años. Por otro lado, tengo que mencionar a exalumnos y amigos que he visto empezar y acabar sus carreras en esta universidad, como Raúl Guardiola, Albert Ruestes, Marc Perea, Ferrán Piró, Antoni Costa y Elna Clua; sin olvidarme de Rosa Mercado, espero que estas cortas palabras puedan llegar a donde estés. Por último, no quiero olvidarme de Josep Antoni Oliva y otros compañeros que han pasado por aquí en estos años. Por otro lado, quiero agradecer a Montserrat Antúnez su ayuda en el laboratori de anàlisi de sòls, aigües, material vegetal i residus orgànics, en la experimentación sobre carbonización de semillas y a Mónica Aguilera del departament de producció vegetal i ciència forestal de la UdL, con quien se ha realizado el análisis de isótopos estables incluido en esta investigación.

También en Lleida agradezco a la empresa de Irtirta arqueología S.L., su colaboración para realizar mi base de datos, en especial a Enric Tartera, sin olvidarme de Ares Vidal, Óscar Escala, Andreu Moya y Sergi González, de quienes he aprendido sobre arqueología y con quien he compartido excavaciones y birras.

Quiero hacer una mención especial a Joan López, profesor de la universidad con quien compartí mis primeras experiencias como docente, además de largas charlas nocturnas de arqueología y la vida en general, siempre te tendré presente en mi trayectoria profesional y personal. Siempre guardaré con mucho cariño tu forma de llamarme “mañico”.

Además de la ayuda profesional quiero agradecer de nuevo a Dani López, su apoyo como amigo, compañero y maestro en tantas cosas, con quien empecé a realizar estudios carpológicos y ver el mundo profesional fuera de la universidad. Muchas gracias por los grandes momentos de amistad y tu apoyo profesional. Aprovecho también para agradecer a Sergio Jiménez su apoyo en mis estancias en Montpellier, a Mireia Sabater, Kamen Sablev, Marta Merino, Alfredo Cano, el “Mentas” y toda la gente que he conocido a través de Font de la Canya.

Desde un lado personal quiero agradecer su paciencia a mis amigos de Zaragoza, a quien tantas veces he hablado de agricultura, leguminosas y arqueología en general, aguantando mis largos monólogos sobre el tema. También a los amigos olivenses y otras personas de Leiva, con las cuales he convivido los últimos meses y que también han tenido que aguantar mis conversaciones sobre mi tesis. A todos ellos muchas gracias por vuestro apoyo, paciencia y ánimos

Finalmente agradezco a Natalia Cabezas su compañía en estos últimos días, haciendo de la recta final un momento feliz y ameno. Creo que no eres consciente de toda la ilusión que me aportas en esta nueva etapa que se abre en mi vida, en todos los aspectos. ¡Espero que no te canses de tantas legumbres!

Índice

Introducción.....	14
¿Porqué?.....	15
¿Dónde?.....	17
¿Cuándo?.....	18
¿Qué?.....	20
¿Cómo?.....	21
Estructura de este trabajo.....	22
1. Leguminosas.....	24
1.1 Característica y taxonomía de las leguminosas cultivadas.....	24
1.1.1 Tribus.....	27
1.2 Características y taxonomía de los géneros y las especies cultivadas en el Mediterráneo Occidental en la Protohistoria.....	30
1.2.1 <i>Cicer</i>	30
1.2.1.1 El garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>).....	32
1.2.2 <i>Lathyrus</i>	34
1.2.2.1 Almortas (<i>Lathyrus sativus</i> y <i>Lathyrus cicera</i>).....	36
1.2.3 <i>Lens</i>	39
1.2.3.1 Lenteja (<i>Lens culinaris</i>).....	40
1.2.4 <i>Medicago</i>	42
1.2.4.1 Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	44
1.2.5 <i>Pisum</i>	45
1.2.5.1 El guisante (<i>Pisum sativum</i>).....	46
1.2.6 <i>Vicia</i>	48
1.2.6.1 Los yeros (<i>Vicia ervilia</i>).....	50
1.2.6.2 Las Habas (<i>Vicia faba</i>).....	52
1.2.6.3 Vevas (<i>Vicia sativa</i>).....	54
1.2.7 Otros Géneros.....	57
1.3 Datos etnográficos sobre el cultivo de leguminosas.....	58
1.3.1 Ciclos de cultivo.....	58
1.3.2 Siembra de leguminosas.....	61
1.3.3 Cultivos mixtos de leguminosas con otras especies.....	63
1.3.4 Escardado y otros tratamientos.....	65
1.3.5 Irrigación de leguminosas.....	66

1.3.6 Cosecha de leguminosas.....	67
1.3.7 Procesamiento de leguminosas: Trilla aventado tamizado y limpieza.....	71
1.3.7.1 Trilla	71
1.3.7.2 Aventado	75
1.3.7.3 Tamizado y limpieza	75
1.4 Las Leguminosas en las fuentes Clásicas	78
1.4.1 Leguminosas	78
1.4.2 Nitrogenación y afectación del suelo	79
1.4.3 Preparación del terreno y siembra.....	79
1.4.4 Cuidado del cultivo	81
1.4.5 Plagas del cultivo	83
1.4.6 Cosecha, trillado y aventado.	83
1.4.7 Almacenamiento	84
1.4.8 Consumo.....	85
1.4.9 Toxicidad y usos medicinales.....	86
1.4.10 Perspectiva de las leguminosas en el mundo clásico	86
1.4.11 Las leguminosas en la biblia	87
1.4.12 Conclusiones sobre las fuentes clásicas	88
2 Datos carpológicos del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio	
a.C.....	89
2.1 Introducción al capítulo	89
2.2 La agricultura en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.	91
2.2.1 La Agricultura en el Sureste.....	94
2.2.2 La Agricultura en el País Valenciano.....	97
2.2.3 La Agricultura en el Noreste Peninsular	100
2.2.4 La Agricultura en el Languedoc y el Rosellón	103
2.2.5 Trabajos arqueobotánicos focalizados en las leguminosas.....	105
2.3 Domesticación, evolución y expansión de las especies de leguminosas cultivadas en el	
Mediterráneo Occidental	108
2.3.1 Dehiscencia, dormancia y gigantismo	108
2.3.2 Domesticación	110
2.3.3 Primeras evidencias del cultivo de leguminosas en el Mediterráneo Occidental.....	115
2.3.3.1 Sureste Peninsular.....	115
2.3.3.2 País Valenciano.....	116
2.3.3.3 Noreste Peninsular	117

2.3.3.4 Languedoc y Rosellón	118
2.4 Recopilación de los datos	120
2.4.1 Base de datos.....	120
2.4.2 Clasificación de los estudios y yacimientos según el tipo de datos obtenidos y la metodología utilizada	124
2.4.2.1 Clasificación según el tipo de publicaciones	124
2.4.2.2 Clasificación según el tipo de muestreo y tratamiento	125
2.4.3 Clasificación de los yacimientos y sus muestras por su ubicación y tipo	126
2.4.4 Clasificación de los yacimientos y sus muestras por periodos cronológicos.....	127
2.4.5 Clasificación de las muestras por su contexto arqueológico	129
2.4.6 Clasificación de los yacimientos por áreas geográficas	131
2.5 Cuantificación de los datos recopilados	134
2.5.1 Unidades de conteo.....	134
2.5.2 Diferentes métodos de cuantificación.....	136
2.5.3 Modelos de cuantificación utilizados en este estudio.....	139
2.5.3.1 Datos por yacimientos.....	139
2.5.3.2 Datos por muestra.....	141
2.6 Resultados.....	145
2.6.1. Análisis de Presencia/Ausencia	145
2.6.1.1 Total por taxón	151
2.6.1.2 Regiones	153
2.6.1.3 Cronología	156
2.6.2 Análisis en yacimientos con leguminosas.....	159
2.6.2.1 Análisis de NMI y ubicuidades brutas por taxón y yacimiento en el marco geocronológico general (2200-1300 a.C.)	160
2.6.2.2 Análisis de frecuencia relativa, ubicuidad e índice de abundancia relativa en los yacimientos del Mediterráneo Occidental con leguminosas del II y I mil. a.C.....	162
2.6.2.3 Índice de Abundancia Relativa (IAR)	164
2.6.2.3.1 Regiones	165
2.6.2.3.2 Cronología	169
2.6.2.3.3 Sureste	172
2.6.2.3.4 Centro.....	174
2.6.2.3.5 Noreste.....	176
2.6.2.3.6 Norte	178
2.6.2.3.7 Análisis de correspondencia.....	180
2.6.2.3.7.1 Taxones	182

2.6.2.3.7.2 Regiones.....	183
2.6.2.3.7.3 Cronología.....	185
2.6.2.3.7.4 Análisis de correspondencia sobre leguminosas	188
2.6.3 Análisis cuantitativos observados por muestras	193
2.6.3.1 Comparaciones de la frecuencia relativa y la ubicuidad	195
2.6.3.2 Análisis de correspondencia.....	197
2.6.3.2.1 Cronología	201
2.6.3.3 Relación de las leguminosas con las plantas adventicias.....	202
2.6.3.4 Concentraciones de leguminosas.....	205
2.7 Conclusiones	207
3 Análisis de forma y tamaño de las semillas de leguminosas	209
3.1 Introducción a la Morfometría Geométrica	209
3.1.1 Concepto.....	210
3.1.2 Historia	214
3.1.3 Tipos de análisis Morfo-Geométricos y sus aplicaciones	217
3.1.3.1 Landmarks	217
3.1.3.2 Análisis morfo-geométricos basados en la configuración de los landmarks.....	219
3.1.3.2.1 Red de entramados de Strauss y Bookstein	219
3.1.3.2.2 Métodos de superposición.....	220
3.1.3.2.2.1 Coordenadas de Bookstein	221
3.1.3.2.2.2 Métodos de Procrustes y coordenadas de Kendall.....	221
3.1.3.2.2.3 Métodos de ajuste resistente	224
3.1.3.2.2.4 Función de placa delgada (thin plate spline)	225
3.1.3.3 Análisis de contorno	226
3.1.3.3.1 Contornos abierto	226
3.1.3.3.2 Contornos cerrados.....	227
3.1.3.4 Análisis estadísticos	230
3.1.4 Morfometría Geométrica en arqueología	231
3.1.5 Morfometría Geométrica en arqueobotánica.....	233
3.1.5.1 Aplicación en semillas de frutales	234
3.1.5.2 Aplicación en semillas de cereales	237
3.1.5.3 Aplicación en otras especies	239
3.1.5.4 Leguminosas.....	240
3.2. Metodología y materiales para el análisis morfo-geométrico.....	241
3.2.1 Materiales.....	241

3.2.2 Metodología	245
3.2.2.1 Adquisición de datos	245
3.2.2.2 Análisis morfo-geométrico	246
3.2.2.3 Medidas de tamaño	249
3.2.3 Análisis estadísticos	250
3.2.3.1 Análisis componentes principales	250
3.2.3.2 Análisis de la varianza (ANOVA y MANOVA)	251
3.2.3.3 El análisis lineal discriminante	252
3.2.3.4 Análisis de clústeres	253
3.2.3.5 Análisis de correspondencias	257
3.3 Test Metodológico	258
3.3.1 Error de medición total (TME)	259
3.3.2 MANOVAs sobre las medidas de tamaño	261
3.3.3 Resultados	262
3.3.3.1 Análisis descriptivos sobre las variables de forma	262
3.3.3.2 Análisis explicativos sobre las variables de forma	263
3.3.3.3 Variables de tamaño	267
3.3.4 Conclusiones	270
3.4. Experimentación Carbonización	270
3.4.1 Concepto y estudios previos	270
3.4.2 Carbonización de semillas de leguminosas	272
3.4.3 Objetivos	273
3.4.4 Metodología de la experimentación	274
3.4.5 Resultados	278
3.4.5.1 Conservación	278
3.4.5.2 Cambios de tamaño	284
3.4.5.2.1 Datos biométricos	284
3.4.5.2.2 Análisis descriptivos	286
3.4.5.2.3 Análisis explicativos	289
3.4.5.3 Cambios en la forma	293
3.4.5.3.1 Análisis descriptivos	293
3.4.5.3.2 Análisis explicativos	296
3.4.5.3.2 Distancias euclidianas	298
3.4.5.4 Análisis de forma + tamaño	300
3.4.5.4.1 Análisis descriptivos	301

3.4.5.4.2 Análisis explicativos.....	302
3.4.5.5 Probabilidad a posteriori de 90% de los modelos anteriores	304
3.4.5.6 Lentejas	307
3.4.5.7 Solapamiento	308
3.4.5.8 Tratamiento con agua	311
3.4.5.9 Influencia del tiempo y la atmósfera.....	312
3.4.5.9.1 Atmósfera.....	312
3.4.5.9.1 Tiempo	316
3.4.6 Conclusiones.....	319
3.5. Restos arqueológicos	323
3.5.1 Resultados	323
3.5.1.1 Comparaciones taxonómicas	324
3.5.1.1.1 Datos de tamaño.....	324
3.5.1.1.1.1 Análisis descriptivos	324
3.5.1.1.1.2 Análisis explicativos	325
3.5.1.1.2 Datos de forma.....	327
3.5.1.1.2.1 Análisis descriptivos	327
3.5.1.1.2.2 Análisis explicativos	329
3.5.1.1.2 Datos de tamaño + forma	331
3.5.1.1.2.1 Análisis descriptivos	331
3.5.1.1.2.2 Análisis explicativos	333
3.5.1.1.3 Solapamiento:	334
3.5.1.2 Identificación de semillas dudosas.....	335
3.5.1.2.1 Efectividad de estos modelos.....	336
3.5.1.2.2 Resultados	339
3.5.2 Comparaciones interespecíficas	348
3.5.2.1 Almortas (Lathyrus sativus)	350
3.5.2.1.1 Forma	350
3.5.2.1.2 Tamaño.....	357
3.5.2.1.3 Tamaño y forma	363
3.5.2.2 Lentejas (Lens culinaris)	365
3.5.2.2.1 Forma	365
3.5.2.2.1 Tamaño:	370
3.5.2.2.3 Tamaño y forma	376
3.5.2.2.4 Comparación mediante las lentejas actuales.....	377

3.5.2.3 Guisantes (<i>Pisum sativum</i>)	379
3.5.2.3.1 Forma	379
3.5.2.3.2 Tamaño.....	383
3.5.2.3.3 Tamaño y forma	388
3.5.2.4 Yeros (<i>Vicia ervilia</i>)	389
3.5.2.4.1 Forma	389
3.5.2.4.2 Tamaño.....	392
3.5.2.4.3 Tamaño y forma	394
3.5.2.5 Habas (<i>Vicia faba</i>).....	395
3.5.2.5.1 Forma	395
3.5.2.5.2 Tamaño.....	403
3.5.2.5.3 Tamaño y forma	407
3.5.2.6 Vevas (<i>Vicia sativa</i>)	408
3.5.2.6.1 Forma	408
3.5.2.6.2 Tamaño.....	413
3.5.2.6.3 Tamaño y forma	417
3.5.3 Conclusiones	418
3.6 Tafonomía de las leguminosas analizadas	422
3.6.1. Conservación de las radículas y testas	422
3.6.1.1 Metodología	423
3.6.1.2 Resultados	424
3.6.2. ¿Qué nos dice la tafonomía de las leguminosas?.....	427
3.7 Leguminosas con marcas de entomofauna	429
3.7.1 Estudios previos.....	429
3.7.2 Metodología	432
3.7.3 Resultados	433
3.7.3.1 Muestras y taxones	433
3.7.3.2 Contexto arqueológico	436
3.7.3.3 Regiones	438
3.7.3.4 Cronología	440
4. Evolución, cultivo, procesado y consumo de las leguminosas en el Mediterráneo Occidental durante le edad de Bronce y Hierro	442
4.1 Cambios temporales y diferencias regionales de las leguminosas cultivadas en el marco geocronológico	442
4.1.1 ¿Especies cultivadas o recolectadas?	442

4.1.2 Las leguminosas en el Mediterráneo Occidental entre el 2200 y el 1300 a.C.....	446
4.1.3 Las leguminosas en el Mediterráneo Occidental entre el 1300 y el 750 a.C.....	450
4.1.4 Las leguminosas en el Mediterráneo Occidental entre el 750 y el 500 a.C.....	454
4.1.5 Las leguminosas en el Mediterráneo Occidental entre el 500 y el 200 a.C.....	461
4.1.6 Peculiaridades regionales de las leguminosas.....	469
4.1.7 ¿Qué nos dicen los cambios de forma y tamaño sobre las leguminosas en el marco de estudio?	471
4.2 Las leguminosas en los sistemas agrícolas del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.	475
4.2.1 Tipos de cultivo y la preparación del terreno.....	475
4.2.2 Siembra de leguminosas.....	477
4.2.3 Cultivos mixtos de leguminosas con cereales	480
4.2.4 Tratamiento de los cultivos: escardado irrigación y abono de leguminosas.....	483
4.2.5 Cosecha.....	487
4.2.6 Trilla, aventado, tamizado y limpieza de leguminosas.....	491
4.2.7 Distribución del trabajo	494
4.2.8 Almacenamiento	495
4.2.8.1 Silos.....	496
4.2.8.2 Almacenes elevados	497
4.2.8.3 Trojes	499
4.2.8.4 Contenedores percederos.....	501
4.2.8.5 Recipientes cerámicos	502
4.2.8.6 Almacenaje de leguminosas en el mediterráneo occidental durante el II y I milenio a.C.....	503
4.2.9 ¿Qué nos dicen los gorgojos?	507
4.2.9.1 Prevención de plagas.....	508
Conclusions	510
Conclusiones	520
Bibliografía.....	531
Resumen	565

Introducción

Las leguminosas son una de las principales familias agrícolas en los diversos sistemas productores desarrollados en las diferentes partes del mundo desde el comienzo de la agricultura. En cada centro de origen se ha documentado el cultivo de varias especies de cereales junto a leguminosas, complementándose tanto en valores nutricionales como en el calendario agrícola, aportando a las sociedades agrícolas una fuente alternativa de alimentación en el caso de que hubiese problemas en la cosecha o producción del resto de especies.

Sin embargo, los taxones cultivados de esta familia han tenido y tienen un papel secundario o complementario respecto a los cereales, que son las principales especies cultivadas en la gran mayoría de regiones agrícolas del mundo. No obstante, su importancia dentro de los modelos productivos ha sido muy importante, tanto por sus valores nutricionales con un alto contenido proteico, como por su capacidad de fijar nitrógeno al suelo a través de su simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium*. La gran adaptación de algunas especies a climas y suelos especialmente áridos y pobres hace que su cultivo sea el indicado para zonas marginales, donde no pueden generarse cultivos productivos de cereales u otras especies. Estas características hacen que sean una pieza clave de los sistemas agrícolas a pesar de no ser las especies principales en la producción y consumo.

En este trabajo doctoral se presenta una investigación general sobre las especies cultivadas de esta familia documentadas en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., abarcando la Edad del Bronce y la Edad del Hierro. La idea de realizar este trabajo surgió al comenzar mi formación en el campo de los macrorrestos de frutos y semillas arqueobotánicos, observando una desigual información tanto en las investigaciones realizadas como en los restos recuperados de las leguminosas. A pesar de la dificultad que este trabajo suponía se decidió realizarlo ya que la evolución de la disciplina, tanto en técnicas como en número de estudios, permitía realizar esta investigación en este momento. Por un lado, en los últimos 40 años se han realizado numerosos estudios carpológicos en diferentes yacimientos de la Península Ibérica y del sur de Francia, con aportaciones muy precisas. Por el otro, el avance de nuevas técnicas en el estudio de semillas arqueológicas está permitiendo analizar estos restos desde una nueva perspectiva, siendo posible realizar nuevos estudios en los cuales se pueda obtener información adicional a la obtenida anteriormente. Un ejemplo es la morfometría geométrica, que transforma las formas de las semillas en coeficientes matemáticos precisos, mejorando tanto las comparaciones interespecíficas como las intraespecíficas.

¿Porqué?

A lo largo de los años desde que decidimos investigar sobre esta temática, muchos compañeros nos han realizado esta pregunta ante la dificultad de este proyecto. Sinceramente pensamos que no hay un motivo concreto sino una mezcla de circunstancias. Además de un interés personal sobre esta familia, a medida que comenzamos a conocer la disciplina arqueobotánica de frutos y semillas nos surgieron una serie de preguntas, que se nos plantearon al conocer tanto la bibliografía específica existente como las características de los restos arqueobotánicos en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.

En general, podemos resumir en 5 grandes puntos las cuestiones que nos llevaron a realizar esta investigación. Estas preguntas previas están relacionadas entre ellas, llevando una a otra y motivando los objetivos previos que nos marcamos para esta investigación.

Primera: En un primer momento nos llamó la atención la gran diferencia observada en el registro arqueobotánico entre el número de semillas de cereales respecto al de leguminosas, que parece no reflejar el papel que tenían estas especies según la etnografía y las fuentes clásicas. A pesar de su conocido rol secundario, su presencia arqueológica parece ser mucho menor a la esperada según la literatura de otras disciplinas relacionadas.

Segunda: Probablemente debido a esta escasez de restos, la información arqueobotánica de esta familia en el Mediterráneo Occidental es muy pobre, y por ello, se han realizado muy pocos estudios sobre esta familia en el área. Esto ha imposibilitado conocer bastantes aspectos de estas especies en los sistemas agrícolas de este contexto geo-cronológico; información que, si se ha obtenido de otros grupos de cultivos, como los cereales o frutales.

Tercera: Al no existir casi estudios específicos sobre las leguminosas cultivadas no se había podido observar cambios en los taxones a lo largo del tiempo y entre las diferentes regiones del área de estudio. Por este motivo no quedaba reflejada la posibilidad de introducción de nuevos taxones o los posibles cambios en el cultivo de unas u otras especies.

Cuarta: Por otro lado, la gran variabilidad intraespecífica junto a la escasez de criterios de identificación propios a nivel interespecífico provoca que los restos de estas especies cultivadas de leguminosas sean difíciles de identificar y diferenciar entre ellos. Esto ha hecho que se dedique una menor atención de la disciplina en su identificación, no existiendo criterios unificados ni en su propia orientación, como quedó reflejado en el *18th Conference of the International Workgroup for Palaeoethnobotany* realizado en Lecce, Italia en 2019.

Quinta: Las cuestiones anteriores también han reflejado una menor atención de estas especies en las investigaciones etnográficas. A pesar de que existen algunos análisis sintéticos etnográficos sobre las leguminosas, son escasos, apareciendo normalmente como información complementaria al resto de cultivos. Por este motivo, su ciclo agroalimentario en las sociedades tradicionales no ha sido tan estudiado como el de los cereales.

Para enfrentar estos problemas y descifrar las preguntas que generan, se decidió realizar esta investigación sobre las leguminosas en este marco geo-cronológico. Se han establecido una serie de hipótesis principales como objetivos los cuales se esperan poder abordar a lo largo de esta investigación.

Objetivo 1 (O.1.): Una de nuestras hipótesis es que las leguminosas estén infrarrepresentadas. Por lo que uno de nuestros objetivos es analizar si este hecho está sucediendo, ya sea por procesos tafonómicos, por ejemplo, la carbonización, como culturales, como son la forma de cultivo, la siembra, el almacenamiento o el consumo.

Objetivo 2 (O.2.): Una de las hipótesis previas es que algunas especies podrían no estar identificadas correctamente, pudiéndose interpretar como presentes en el Mediterráneo Occidental sin estarlo. Tanto por este motivo como para mejorar la identificación de las semillas de estas especies se han aplicado diferentes técnicas como los análisis de morfometría geométrica, los cuales han sido muy efectivos en semillas arqueológicas en otras especies.

Objetivo 3 (O.3.): La falta de estudios sintéticos sobre leguminosas no ha permitido establecer tendencias en el cultivo de leguminosas, sin embargo, nosotros creemos que se producen cambios importantes en este marco, ya que algunos datos apuntan a un aumento de su cultivo durante la Edad del Hierro. Nuestro objetivo es analizar qué tendencias y cambios se producen en el registro arqueobotánico de leguminosas cultivadas a lo largo del II y I milenio a.C. y cuáles pueden ser sus causas.

Objetivo 4 (O.4.): Por último, con todos los datos anteriores se reconstruirá, dentro de lo posible, los procesos agroalimentarios de las especies cultivadas de leguminosas en el marco de estudio, desde la preparación de los campos de cultivos antes de la siembra hasta su almacenamiento final.

¿Dónde?

Para realizar nuestro estudio se decidió utilizar un amplio marco geográfico con algunas características comunes, aunque al ser tan amplio también existen grandes diferencias entre las diferentes regiones.

El área se corresponde con el Mediterráneo Occidental, considerando como tal a la zona costera y cuencas fluviales de los ríos mediterráneos desde el estrecho de Gibraltar, situado al sur de la Península Ibérica hasta la desembocadura del río Ródano, en el sur de Francia (mapa 1). No se han incluido las islas Baleares ni el norte de África al tener sus propias características geográficas e históricas diferenciadas. A pesar de encontrarse en la costa atlántica, se han incluido los yacimientos con una gran presencia colonial como Huelva, Cádiz o el Castillo de Doña Blanca por el interés histórico cultural que tienen, además de aportarnos diferente información respecto a los asentamientos autóctonos.

Se ha elegido esta región por la presencia de un clima más o menos similar en toda ella, con algunas variaciones regionales. También por la composición geográfica en la cual existe una llanura costera bordeada por diferentes sistemas montañosos que separan estas áreas del interior, caracterizando toda el área de estudio. Por otro lado, a pesar de las grandes diferencias culturales durante la Edad de Bronce, existe cierta tendencia hacia la homogeneización durante la II Edad del Hierro, ya que, en prácticamente toda el área, salvo en el Languedoc oriental, se desarrollará la cultura ibérica, característica de este momento cronológico.

El área general se ha dividido en cuatro regiones (figura I) para tener las características geográficas e históricas más diferenciadas y similares entre ellas. La situada más al sur la hemos denominado como sureste, coincidiendo con la parte mediterránea de la actual comunidad autónoma de Andalucía y la de Murcia. La siguiente región situada al norte de la anterior la hemos denominado como Centro, comprendiéndose prácticamente con el País Valenciano, salvo la región norte de la provincia de Castellón. La siguiente región, denominada como noreste, engloba al norte de la provincia de Castellón y el territorio de Cataluña. Por último, la cuarta área está comprendida la antigua región del Languedoc y parte de la Provenza y se denomina Sur de Francia.

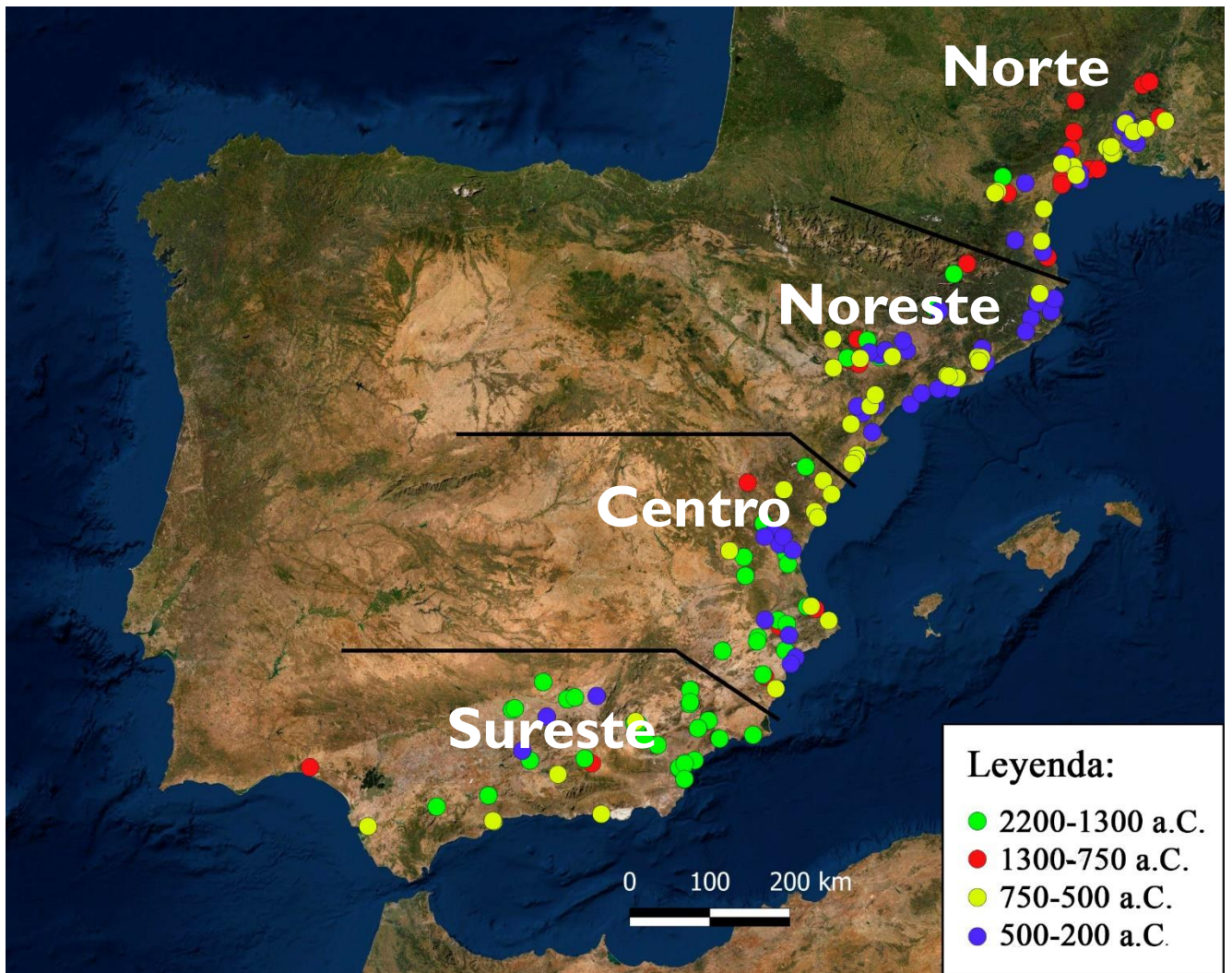


Figura I: Mapa del marco geográfico

¿Cuándo?

Establecer un eje cronológico en una zona tan amplia como es nuestro contexto geográfico siempre es complejo debido a las diferencias culturales y las peculiaridades de cada región. Para homogeneizar toda el área hemos decidido abarcar la Edad del Bronce y la Edad del Hierro, comenando desde el 2200 a.C. hasta el 200 a.C. A pesar de que la primera puede empezar algo posteriormente en las regiones más septentrionales, hemos decidido ampliar la misma cronología para todas ellas.

La elección de este eje no es casual, hemos centrado nuestro estudio en este marco ya que es a partir de este momento en el cual aparecen las primeras concentraciones de

leguminosas. En cronologías anteriores solo aparecen algunos individuos concretos en algunos yacimientos, no documentándose ninguna muestra con numerosas leguminosas. Este hecho hace que el estudio de las leguminosas en el Neolítico sea más complejo, al menos en este marco geográfico, por lo que hemos preferido centrar esta investigación en periodos con concentraciones para poder establecer una metodología exhaustiva que posteriormente podría aplicarse a otras regiones y cronologías.

La división del marco cronológico en diferentes fases o periodos también es muy compleja, ya que las sociedades de diferentes regiones son muy diferentes en un mismo momento. Por otro lado, en un mismo periodo y región pueden verse diferencias debido al gran margen que estos representan.

En general, aunque haya bastantes problemas y diferencias hemos establecido 4 fases en las cuales más o menos se han podido aglutinar los diferentes momentos cronológicos más o menos paralelos en las cuatro regiones (figura II). El primer periodo, establecido entre el 2200 y 1300 a.C., engloba el Bronce Antiguo y Medio tanto del sureste como de Valencia, además del Tardío de estas regiones. En el noreste y el norte, se corresponde con el Bronce Inicial o Temprano. El segundo periodo (1300-750 a.C.), aglutina a los Bronces Finales de las cuatro regiones. El tercer periodo (750-500 a.C.), se corresponde con la Primer Edad del Hierro, aunque en algunas regiones comienza antes que en otras. Por último, el cuarto periodo (500-200 a.C.), se corresponde con la Segunda Edad del Hierro.

Somos conscientes de los problemas que conlleva el establecimiento de estos periodos en la cronología de algunas regiones, especialmente en el País Valenciano y el sureste, sin embargo, la escasez de estudios carpológicos durante el Bronce Tardío de ambas regiones nos decantó finalmente su agrupación en el primer periodo a pesar de las diferencias económicas y culturales que existen con el Bronce Pleno.

Fases cronológicas establecidas en este trabajo	Sur-Este	Centro	Nord-Este		Norte
			Occidental	Oriental	
2200-1300 a.C.	Bronce Antiguo del Sureste	Bronce Antiguo	Bronce Pleno	Bronce Inicial	Bronce Temprano
	Bronce Pleno	Bronce Medio	Grupo Segre-Cinca I		
	Broce Tardío	Bronce Tardío			Bronce Medio
1300-750 a.C.	Bronce Final	Bronce Final	Grupo Segre-Cinca II	Bronce Tardío	Bronce Final II y III
			Grupo Segre-Cinca II		
750-500 a.C.	Primera Edad del Hierro	Primera Edad del Hierro	Primera Edad del Hierro	Primera Edad del Hierro	Primera Edad del Hierro
500-200 a.C.	Ibérico Antiguo	Ibérico Antiguo	Ibérico Antiguo	Ibérico Antiguo	Transición
	Ibérico Pleno	Ibérico Pleno	Ibérico Pleno	Ibérico Pleno	Segunda Edad del Hierro

Figura II: Peridos cronológicos establecidos en este estudio

¿Qué?

El objeto principal de estudio de nuestra investigación son las especies de leguminosas que se encuentran en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C. Estas especies son las almortas o los titarros (*Lathyrus cicera/sativus*), las lentejas (*Lens culinaris*), la alfalfa (*Medicago sativa*), los guisantes (*Psium sativum*), los yeros (*Vicia ervilia*), las habas (*Vicia faba*) y las vezas (*Vicia sativa*).

En este trabajo se ha trabajado con diferente información sobre estas especies (figura III). Un primer tipo de información se ha obtenido a través de la bibliografía agronómica, etnográfica y de las fuentes clásicas, en las cuales no se habla directamente sobre estas especies en nuestro marco establecido, pero sí a nivel general, aportándonos información muy interesante para complementar el resto de datos.

Otro tipo de información se ha obtenido a través de la bibliografía arqueobotánica, además de las interpretaciones y la información publicada sobre leguminosas, hemos recopilado toda la información cuantitativa sobre estas especies en el registro arqueológico del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.

Por otro lado, hemos podido reestudiar las semillas arqueológicas de 23 yacimientos situados en este marco geo-cronológico. En estas semillas se ha aplicado la técnica no destructiva de la morfometría geométrica. Para mejorar la información obtenida por este análisis también se han estudiado semillas actuales en su estado original y esas mismas semillas carbonizadas, estudiando los cambios de tamaño y forma que sufren durante este proceso.

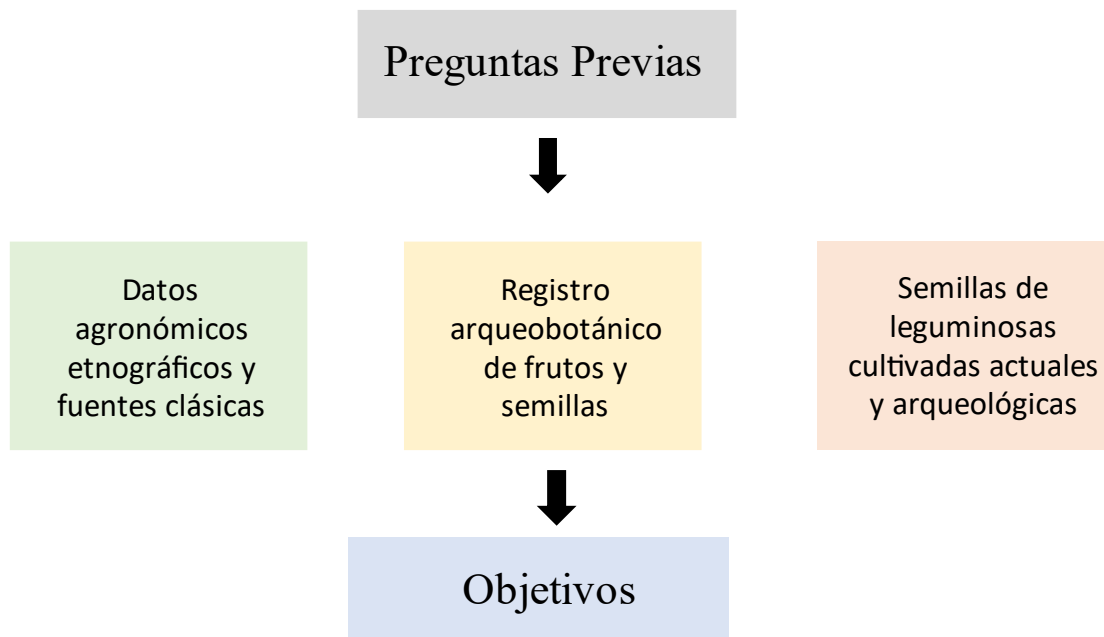


Figura III: Esquema del tipo de datos y materiales analizados en este trabajo

¿Cómo?

Para alcanzar estos objetivos se han desarrollado diverentes lineas de investigación diferenciadas, pero a la vez complementarias, cuyos resultados se han agrupado para efectuar este trabajo para obtener la mayor cantidad de información posible sobre las leguminosas cultivadas de este marco geo-cronológico.

- Una línea de investigación ha consistido en recopilar información agronómica sobre estas leguminosas cultivadas. Para ello se ha utilizado bibliografía taxonómica, ecológica, botánica y agronómica actual. Por otro lado, también se ha resumido la información de este tipo que aportan las fuentes clásicas y bíblicas,

ya que nos pueden mostrar una perspectiva más cercana en el tiempo a las sociedades estudiadas en este trabajo.

- Otra línea de investigación ha sido la recopilación de toda la información arqueobotánica cuantitativa sobre restos de frutos y semillas de estas especies en el área y cronología de estudio. También se ha procedido a su análisis estadístico desde diferentes perspectivas para obtener la máxima información sobre los restos arqueológicos de estas especies.
- La tercera línea de investigación ha consistido en crear y aplicar una nueva metodología basada en la morfometría geométrica y la biometría tradicional para mejorar las identificaciones taxonómicas de las semillas arqueológicas de estas especies y observar si existen diferencias o semejanzas entre los individuos de un mismo taxón a lo largo del tiempo, en las diferentes regiones arqueológica o dentro de un mismo yacimiento arqueológico. Para obtener estos datos se han utilizado las semillas arqueológicas de leguminosas proporcionadas por diferentes investigadoras e investigadores que trabajan en esta área. Dentro de esta línea se ha realizado una experimentación en la cual se han carbonizado semillas actuales. Estos resultados han servido tanto para cuestiones tafonómicas como para la identificación de semillas dudosas, estableciéndose en qué grado cambian las formas y los tamaños de las leguminosas durante este proceso.
- La cuarta vía principal ha consistido en una recopilación bibliográfica de información tanto arqueológica como etnográfica sobre las leguminosas o hechos que puedan estar relacionados con estas especies, como estructuras de almacenamiento o herramientas agrícolas. Se ha centrado en nuestro marco geográfico, así como en otras áreas con ciertas características comunes, como toda la cuenca Mediterránea.

Estructura de este trabajo

La estructura de la tesis se compone de tres grandes bloques, estructurados como tres capítulos independientes; además de un cuarto capítulo de discusión y de esta introducción.

En el primer capítulo se detallan los resultados de la investigación bibliográfica agronómica, seguidas por la etnográfica y finalmente por la de las fuentes clásicas, teniendo de esta forma un capítulo subdividido en tres bloques en los cuales cada uno recoge la información sobre las leguminosas en cada una de estas tres disciplinas.

La siguiente parte o capítulo de la tesis es el corpus de datos arqueobotánicos, donde se recoge toda la información sobre los frutos y semillas de leguminosas cultivadas, también se detalla la metodología utilizada para la recopilación y el análisis de estos datos además de describir los resultados.

En el segundo capítulo se recoge toda la información relacionada con los análisis morfo-geométricos. También se incluye la experimentación por carbonización, ya que para obtener mejores resultados también se aplicaron análisis morfo-geométricos en las semillas actuales antes y después de este proceso.

La parte final de la tesis, está compuesta por el capítulo 5, que se corresponde con la discusión de la investigación realizada, poniéndose en común todos los datos obtenidos en los capítulos anteriores sobre las leguminosas del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., además de analizarse paso por paso los posibles procesos agroalimentarios desde antes de la siembra hasta su consumo. Por último, se han incluido las conclusiones en un último capítulo.

1. Leguminosas

En este capítulo recopilamos la información existente sobre las leguminosas, en concreto en los aspectos agronómicos, evolutivos y la información que nos aportan las fuentes clásicas. Para no ampliar más esta investigación, nos hemos centrado en las especies documentadas en el marco geocronológico (garbanzo (*Cicer arietinum*), almorta/titarro (*Lathyrus sativus/cicera*), lenteja (*Lens culinaris*), alfalfa (*Medicago sativa*), guisante (*Pisum sativum*), yero (*Vicia ervilia*), haba (*Vicia faba*) y veza (*Vicia sativa*)). De estas especies el garbanzo, la lenteja, el guisante y el haba se consideran actualmente leguminosas mayores, ya que son consumidas por los humanos, mientras que el resto se utilizan para el ganado o como forraje. Sin embargo, las leguminosas mayores también se utilizan en ocasiones como alimento en grano para el ganado o como forraje, mientras que las semillas de las leguminosas menores son consumidas por los humanos en momentos de hambrunas y necesidad. En el pasado la etnografía y las fuentes históricas nos llevan a pensar en un uso similar.

Las leguminosas, cuyo nombre científico es *Leguminosae*, *Fabaceae* o el actualmente más aceptado *Papilionaceae*, son una familia del orden de las *Fabales*, a su vez de la clase de las eudicotiledóneas (*Eudicotyledoneae*), de la división de las angiospermas (*Angiospermae*) del reino de las plantas. Es cosmopolita, distribuida por todo el mundo, siendo más frecuente en las regiones tropicales y subtropicales. Está compuesta por cerca de 730 géneros y más de 19.000 especies (Castroviejo et al., 2005).

Es una de las familias vegetales con mayor importancia económica, junto a las *Poaceae* y las *Rosaceae*. Su uso principal es como alimento humano, consumiéndose tanto sus semillas secas o sus frutos frescos con las semillas todavía sin madurar en su interior; o para la alimentación del ganado, especialmente como forraje, utilizándose la planta en conjunto para alimentar a los animales domésticos; aunque también se utilizan las semillas en forma de grano o los subproductos de las plantas y frutos que se generan al procesar estas especies para obtener las semillas aptas para el consumo humano. Otros ejemplos de usos son como plantas tintóreas (*Genista tinctoria*), medicinales (*Anagyris foetida*) o como condimento (*Glycyrrhiza glabra*).

1.1 Característica y taxonomía de las leguminosas cultivadas

Las *Fabaceae* o leguminosas son una familia taxonómica compuesta por unos 700 géneros y 18.000 especies distribuidas por todo el mundo. De las tres subfamilias en la que se divide, únicamente las *Faboideae* y una especie de *Caesalpinioideae* son autóctonas del Mediterráneo Occidental. Actualmente existen numerosas especies introducidas.

Los rasgos botánicos comunes de esta familia son:

1. La presencia de raíces con nódulos de bacterias fijadoras de Nitrógeno atmosférico.
2. Flores vistosas de tipo papilionáceo, con una corola de 5 pétalos; tienen un único ovario por flor (Fig. 1.1)
3. Este ovario una vez fecundado dará paso a un fruto en forma de legumbre, dentro de este fruto se desarrollan las semillas las cuales disponen de una cubierta dura, con un embrión compuesto por dos cotiledones carnosos y aplanados (Zomlefer, 1994).

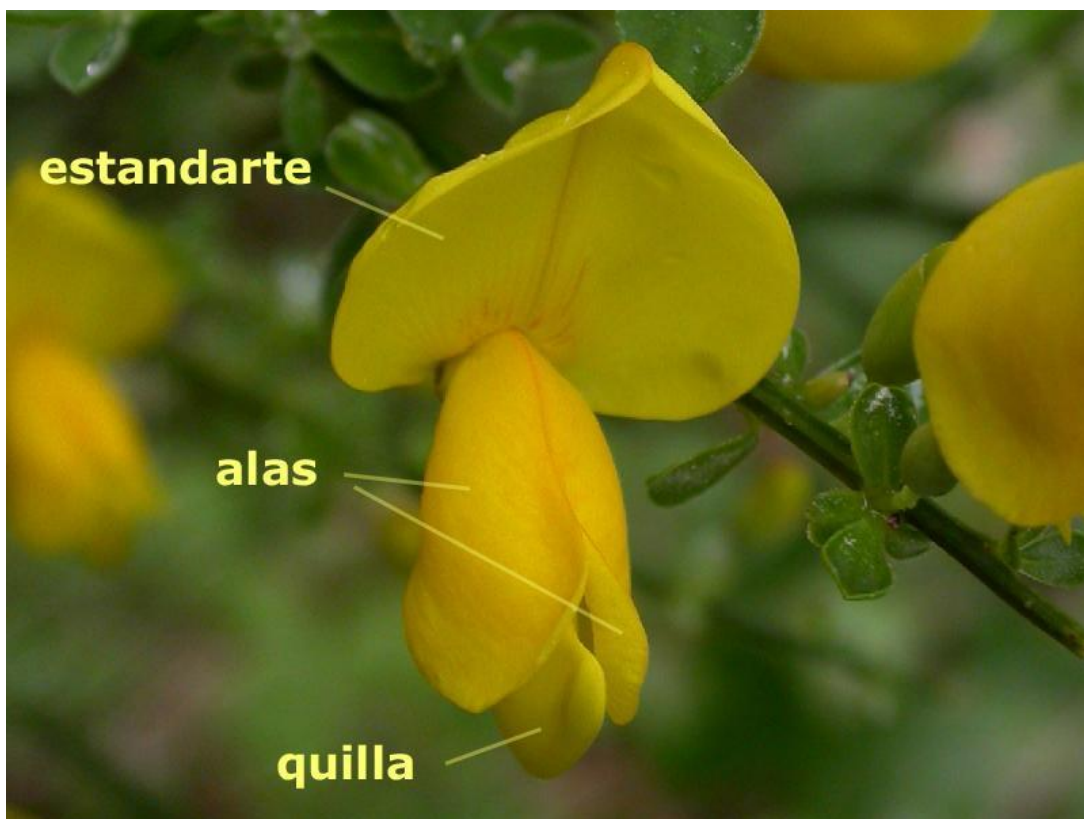


Figura 1.1: Típica flor en forma de mariposa de la familia *Papilionaceae*, en este caso de la especie *Genista tinctoria*. Fuente: <https://www.unavarra.es/herbario/fotos/Leguminosae/image001.jpg>

Las leguminosas tienen una relación simbiótica con el género de bacterias *Rhizobium*, de la familia *Rhizobiaceae*. Principalmente consiste en que las bacterias invaden las raíces de la planta e inducen un nódulo en el cual reducen el nitrógeno atmosférico a amoníaco, suministrando de esta forma nitrógeno al suelo y a la planta. A cambio las bacterias obtienen los aportes que necesitan de carbono y otros nutrientes (Young & Johnston, 1989). A pesar de que existen otras simbiosis entre bacterias y plantas ninguna es

taneficiente como la de *Rhizobium-Papilionaceae*. Dentro de las leguminosas, la subfamilia *Papilionoidae* es la que una mayor simbiosis y rendimiento tiene con estas bacterias (Young & Johnston, 1989). La tribu Viciae está especialmente relacionada con *Rhizobium leguminosarum biovar viciae*, mientras que no hay una vinculación clara de una especie de *Rhizobium* concreta con la tribu Cicereae (Sprent & Minchin, 1985). Este proceso hace que las leguminosas tengan un papel fundamental en los procesos agrologicos, ya que ayudan a nitrogenar suelos, siendo más productivos cuando se cultivan cereales en ese mismo lugar en la siguiente temporada. También es uno de los motivos de que se utilicen las leguminosas como abono en verde, sembrándolas para cortarlas y enterrarlas durante su proceso de crecimiento simplemente para abonar el suelo, tanto por la nitrogenación de la simbiosis con *Rhizobium* como por la descomposición de la misma planta, mezclada con la tierra y utilizada como abono (Galán et al., 2012).

Las flores en forma de mariposa (de ahí el término de Papilionaceae), está determinado por los 5 pétalos de la corola, desarrollado para fomentar la polinización a través de insectos. El estandarte conspicuo actúa como atractivo visual, las alas sirven como plataforma de aterrizaje mientras que la quilla encierra y protege los estambres y el estigma. En la base del ovario, el disco segrega el néctar, siendo las flores a menudo aromáticas. Al buscar el néctar oculto, los insectos empujan el estandarte, presionando las alas y la quilla de la flor. De esta forma las antenas y el estigma quedan expuestos al roce con el cuerpo de los insectos. En muchas especies solamente pueden recibir una visita, ya que la exposición es explosiva y las piezas no vuelven a recuperar su forma original (Zomlefer, 1994).

El principal carácter común en toda la familia es el gineceo con un carpelo, que da lugar a una legumbre. Este tipo de fruto se abre elásticamente a lo largo de ambas suturas. Las legumbres son generalmente aplanadas, aunque pueden ser cilíndricas y en forma de vara, enrolladas en espiral, o globosas con semillas libres en su interior. La superficie puede ser seca o carnosa, suave o espinosa (Castroviejo et al., 2005).

Las leguminosas cultivadas documentadas en el Mediterráneo Occidental durante la Edad del Bronce y del Hierro, son consideradas como “grain legumes”, salvo el caso de la alfalfa (*Medicago sativa*), una especie forrajera. Por lo tanto, al no ser el objetivo de este trabajo un estudio ni taxonómico ni botánico, hemos realizado una pequeña descripción de la familia botánica, centrándonos en las “grain legumes”, especialmente en las especies cultivadas de nuestro marco geo-cronológico.

Este término anglosajón es utilizado ampliamente en la literatura botánica en esta lengua, sin embargo, en castellano no existe un término tan claro y extendido, pero sí que algunos autores utilizan el concepto de “leguminosas de grano” (Box, 1961; Franco Jubete, 1999), definición que se utilizará en adelante para definir las especies de leguminosas cuyas semillas se utilizan como grano tanto para consumo humano como animal. Prácticamente todas las especies cultivadas de leguminosas documentadas en este trabajo pertenecen a esta definición de leguminosa, salvo el caso de la alfalfa, cuya presencia es muy marginal

en el registro arqueobotánico en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., aunque no en la actualidad.

La taxonomía de las leguminosas es más sencilla comparada con las poáceas, las brasicáceas u otras familias vegetales cultivadas. Este hecho se debe al limitado número de acervos genéticos para la selección y el posterior fitomejoramiento. Las hibridaciones tanto naturales como artificiales entre géneros no existen en esta familia, existiendo sustanciales barreras genéticas entre especies y grupos de especies. Sin embargo, la clasificación de interfertilidad entre especies y variantes infraespecíficas es más compleja, como en el resto de familias (Polhill & Van der Maesen, 1985).

La familia de las leguminosas (*Papilionaceae*) esta subdividida en tres subfamilias, *Caesalpinioideae*, *Mimosoideae* y *Faboideae* o *Papilionoideae*, establecidas en los años ochenta del siglo XX por varios autores como Polhill o Raven, continuando hasta la actualidad esta división como la más aceptada (Kirkbride et al., 2003). Anteriormente a estas fechas se consideraron como tres familias independientes (Hutchinson, 1964).

Las especies cultivadas se encuentran mayoritariamente en la subfamilia *Faboideae*, con la excepción del algarrobo y el tamarindo, las cuales pertenece a la *Caesalpinioideae* y las acacias que son *Mimosoideae*, aunque estas últimas son cultivadas con una finalidad ornamental. Las tribus *Phaseoleae* y *Viceae* de la subfamilia *Faboideae* son las que tienen una mayor cantidad de géneros y especies cultivadas (fig. 2.2).

1.1.1 Tribus

Los principales géneros con leguminosas de grano cultivadas y con gran importancia económica dentro de la tribu *Phaseoleae* son *Phaseolus*, *Vigna*, *Glycine*, *Cajanus*, *Lablab* y *Canavalia* además de otros géneros con menor importancia económica. Ninguna de las especies de esta tribu se encuentra en el área de estudio en el marco cronológico establecido, independientemente de si son cultivadas o silvestres, tampoco aparecen en la actualidad como especies autóctonas o naturalizadas en el Mediterráneo Occidental (Castroviejo et al., 2005). El género *Arachis*, perteneciente a la tribu *Dalbergieae*, tiene una gran importancia económica como leguminosa de grano cultivada, aunque tampoco se encuentra en el marco geo-cronológico estudiado ni como género autóctono o naturalizado en la actualidad.

La tribu *Genisteae* sí que tiene géneros y especies autóctonas dentro del área geográfica de estudio, sin embargo, su único género con especies de leguminosas de grano cultivadas, *Lupinus*, no se ha identificado en el área de estudio durante los periodos cronológicos estudiados. La tribu *Galegeae*, tiene géneros y especies autóctonos en esta área, aunque no se han identificado restos de su principal especie cultivada, el regaliz (*Glycyrrhiza glabra*), explotada sus raíces con fines aromáticos.

Trifolieae es una tribu presente de forma autóctona en el Mediterráneo Occidental, con especies cultivadas, aunque empleadas como forrajes u ornamentales y no como

leguminosas de grano. Los restos arqueológicos de estas especies son complicados de establecer como cultivados o silvestres, ya que, al no utilizarse las semillas como objeto de interés, no cambian prácticamente entre su forma silvestre o cultivada. Dentro de esta tribu se encuentran los géneros *Trifolium* o *Trigonella*, de los cuales no se han podido identificar evidencias de cultivo, solo de *Medicago* se han identificado semillas de alfalfa (*Medicago sativa*) en el marco geo-cronológico establecido, sin embargo, su escaso número de restos y de menciones no permite establecer si se trata de individuos silvestres o cultivados (ver capítulo 2.6.1.1).

La tribu *Cicereae* está compuesta por un único género, *Cicer*. Anteriormente se clasificaba dentro de la tribu *Viceae*, sin embargo, sus características intermedias entre esta tribu y la *Trifolieae* conllevó a que se clasificase como una tribu propia de un solo género (Millán et al., 2015). Es la única especie de leguminosa cultivada de grano presente en el Mediterráneo Occidental y que no pertenece a la tribu *Viceae*, aunque su presencia es muy escasa y no aparece hasta la Primera Edad del Hierro (ver capítulo 2.6.1.1).

La gran mayoría de las especies cultivadas de leguminosas documentadas en el Mediterráneo Occidental son de la tribu *Viceae*, la cual está compuesta por los géneros *Lathyrus*, *Pisum*, *Lens*, *Vicia* y *Vavilovia* (figura 1.2). Este último únicamente está compuesto por una especie, la *Vavilovia formosa* que anteriormente había sido integrada en los géneros *Pisum* y también en *Vicia*, pero finalmente se identificó como un género aparte. Fue nombrado *Vavilovia*, en honor del naturalista Nikolaj Ivanovich Vavilov; es el único género que no está presente en el área de estudio, ya que es un cultivo autóctono del Cáucaso (Vishnyakova et al., 2016). Nuevas investigaciones filogenéticas han demostrado que *Pisum* y *Vavilovia* están anidados en *Lathyrus*, y que el género *Lens* está anidado en *Vicia* (Schaefer et al., 2012) por lo que podría cambiarse en un futuro su clasificación taxonómica (Smýkal et al., 2013). Por ahora solo algunos autores han utilizado estos cambios (Coulot & Rabaute, 2020; Kosterin, 2017; Omar et al., 2019), incluyendo a *Pisum* como una sección de *Lathyrus* y *Lens* dentro de *Vicia*, sin embargo todavía se utiliza la división de 5 géneros de esta tribu de forma mayoritaria.



Figura 1.2: Esquema taxonómico de las leguminosas, se han añadido solo los géneros con especies cultivadas. En rojo aparecen los taxones identificados en el eje geo-cronológico estudiado

Como ya se ha indicado, las especies de leguminosas cultivadas identificadas en el Mediterráneo Occidental durante la edad del Bronce y del Hierro que no pertenecen a la tribu *Viceae* son la alfalfa (*Medicago sativa*) de la tribu *Trifolieae* y el garbanzo (*Cicer arietinum*) de la tribu *Cicereae*. El resto pertenecen a esta primera tribu, con especies pertenecientes a 4 de sus 5 géneros, destacando el de las vicias (*Vicia*) sobre el resto, con tres especies; el yero (*Vicia ervilia*), el haba (*Vicia faba*) y la veza (*Vicia sativa*). El género *Lathyrus* puede tener dos especies cultivadas en el marco de estudio, sin embargo, la gran similitud de las semillas entre ambas no permite diferenciarlas entre ellas; son la almorta (*Lathyrus sativus*) y la almorta de monte, guija o titarro (*Lathyrus cicera*). Dentro del género *Pisum* se han identificado semillas de guisante (*Pisum sativum*) y de *Lens* de lentejas (*Lens culinaris*). Las evidencias de las dos especies que no pertenecen a la tribu *Viceae* son muy escasas, con muy pocas menciones e individuos por lo que no se aplicaron los estudios morfo-geométricos en ellas.

1.2 Características y taxonomía de los géneros y las especies cultivadas en el Mediterráneo Occidental en la Protohistoria

En esta sección realizaremos una descripción de los principales taxones de leguminosas de nuestra área y cronología de estudio, resumiendo las principales características de los 6 géneros y los 8 taxones documentados (*Cicer arietinum*, *Lathyrus cicera/sativus*, *Lens culinaris*, *Medicago sativa*, *Pisum sativum*, *Vicia ervilia*, *Vicia faba* y *Vicia sativa*). La descripción botánica completa se puede consultar en los dos volúmenes correspondientes a las leguminosas de la Flora Ibérica (Castroviejo et al., 2005), centrándonos en este capítulo en sus características principales tanto botánicas como agronómicas y nutricionales.

1.2.1 *Cicer*

El género *Cicer* está compuesto por 9 especies anuales y 35 perennes, en 1929 Popov subdividió al género en dos subgéneros, *Pseudononis* y *Viciastrum* y 4 secciones: *Monocicer*, *Chamaecicer*, *Polycicer* y *Acanthocicer*. Kupicha en 1981 reclasificó este género, eliminando los subgéneros y manteniendo las secciones (Van der Maesen et al., 2007) aunque *Monocicer* se pasó a denominar *Cicer* (Javadi & Yamaguchi, 2004). Los últimos estudios genéticos realizado en el género ponen en duda el establecimiento de las cuatro secciones, aunque todavía no se ha realizado una nueva subdivisión (Javadi & Yamaguchi, 2004; Van der Maesen et al., 2007). El garbanzo cultivado tiene más similitudes con *Cicer reticulatum*, especie con la cual puede producirse hibridaciones fértiles. Otra especie con la cual puede hibridarse es *Cicer echinospermun*, aunque no produce individuos fértiles (Millán et al., 2015; Polhill & Van der Maesen, 1985; Sharma

et al., 2013). Dentro de la especie existen numerosas variedades del cultígeno, aunque se han agrupado en dos categorías. En un principio se establecieron como dos razas (*macrosperma* y *microsperma*) dentro de la subespecie *Cicer arietinum subsp. arietinum*, ya que esta clasificación consideraba que *Cicer reticulatum* era una subespecie de la misma, clasificada como *Cicer arietinum subsp. reticulatum* (Moreno & Cubero, 1978). Actualmente las dos subespecies se consideran como especies separadas, sin embargo, la división infraespecífica actual se solapa con la anterior, cambiándose el término de raza por grupos de cultivos y denominándose “desi” al grupo *microsperma* y “kabuli” al *macrosperma*, con un posible grupo intermedio denominado como garbanzo con forma de guisante (Millán et al., 2015; Sharma et al., 2013).

Los garbanzos de tipo *desi* se caracterizan por tener una flor rosa, semillas pequeñas y oscuras con una testa gruesa y rugosa, y un hábito de crecimiento semierecto o semiextensivo (fig. 1.3). Los *kabuli* tienen una flor blanca, semillas grandes con una testa fina y de color crema, con formas predominantes de "cabeza de carnero", y un hábito de crecimiento semiesparcido (Pundir et al., 1985; Sharma et al., 2013). El primer tipo es actualmente el más cultivado, siendo característico del sur y sud-este de Asia y del Este de África, mientras que el segundo es propio de la cuenca Mediterránea, evolucionando de variedades introducidas del primer tipo (Millán et al., 2015). Los tipos *desi* están más adaptados a climas cálidos y secos, teniendo una floración temprana, mientras que los *kabuli* están más adaptados al frío y se les considera nutricionalmente superiores recibiendo un precio de mercado más alto que los tipos *desi* (U. Singh et al., 1991).



Fig.: 1.3: Diferentes tipos de guisantes, cada uno pertenece a un grupo de variedad.
Fuente: <https://agro-market24.eu/bg>

1.2.1.1 El garbanzo (*Cicer arietinum*)

Es una leguminosa autógama diploide verdadera ($2n=2x=16$). Es una herbácea semierguída de hasta 60 cm., el fruto consiste en una legumbre oval, pubescente, con una semilla, aunque excepcionalmente pueden ser dos o más. (fig. 1.4)

Actualmente es la segunda leguminosa de grano cultivada, por detrás de las judías (*Phaseolus vulgaris*) y muy igualada con los guisantes (FAOSTAT 2021). Es considerado un cultivo principal de leguminosas en el sur de Asia, en el próximo oriente, el este de África, el Mediterráneo Occidental, Australia y México. El 85% de la producción se corresponde a las variedades dentro del grupo *desi*, que está más adaptada a climas cálidos y secos, cultivados principalmente en el sur de Asia. Dependiendo del clima, el garbanzo se puede cultivar en diferentes épocas del año. En los climas Mediterráneos, los cuales están presentes en toda el área de nuestro estudio, se suele sembrar a comienzos de la primavera, desde febrero a mediados de abril; actualmente se está consiguiendo cultivar en invierno, sin embargo este tipo de cultivos se realizan con nuevas variedades y no es una forma de cultivo tradicional (Berrada et al., 2007), la cosecha se realiza unos seis meses después de la siembra.



Figura 1.4: Planta del garbanzo verde y madura. Fuente Nadal et al. 2017. Modificado

Los estudios ecológicos del garbanzo muestran como esta especie está adaptada a todos los climas Mediterráneos, desde los más continentalizados y secos a los que tienen inviernos más suaves y más precipitaciones. Su siembra es algo más tardía en los lugares con inviernos fríos, ya que las semillas no germinan por debajo de los 10°C, con una temperatura óptima de 25° C. (Berger & Turner, 2007). Otros tipos de climas a los que esta especie está adaptada son los subtropicales tanto áridos como semi-húmedos (Berger & Turner, 2007), aunque en estos climas la siembra puede realizarse en otoño, justo después de las lluvias. Aunque está adaptada a climas secos, cierto aporte hídrico puede

mejorar su rendimiento, al mismo tiempo que las sequias severas pueden afectar a su productividad, disminuyendo su producción en años con muy pocas precipitaciones (Sekhon & Singh, 2007).

El garbanzo se cultiva tanto como monocultivo o como cultivo mixto con cebada, almortas, lino, mostaza, guisantes o trigo además de otras especies exóticas en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., como la patata, el boniato, el café, arroz o la caña de azúcar. Debido a su alta resistencia a la aridez, actualmente se utiliza para rotar cultivos en una amplia variedad de climas, desde tierras altas áridas a tierras bajas húmedas (Berrada et al., 2007).

Los garbanzos aportan entre 334 y 437 Kcal en las variedades desi y entre 357 y 446 Kcal en las kabuli. Su contenido en proteína es alto, entre un 16,7 y un 30,6% en el primer grupo de variedades y entre un 12,6 y 29% en el segundo. El contenido en grasas es más alto que en otras legumbres, con una ratio de 2,9 y 7,4% y de un 3,4 y 8,8% respectivamente. Los carbohidratos son entre un 51 y un 65% y de un 54 y 71% respectivamente. Tienen un alto contenido en cobre, manganeso, y fósforo, además de zinc, hierro, magnesio, selenio y calcio (Yadav et al., 2007).

Los garbanzos son muy malos competidores frente a las malas hierbas, reduciéndose su productividad desde un 23 a un 87% dependiendo de la extensión de estas plantas. Uno de los principales métodos para evitar las malas hierbas son las medidas de prevención, es decir, antes de que estas plantas no deseadas aparezcan en un campo concreto. Como ejemplos está el correcto cribado de las semillas o el evitar la entrada del ganado alimentado con posibles malas hierbas entre otras. Otras medidas son las denominadas “culturales” en las cuales se realizan rotaciones de cultivos para evitar la predominancia de una sola mala hierba, también se tienen en cuenta otros factores como cuando irrigar el campo o cuando sembrarlo; en los garbanzos se ha determinado que su siembra temprana, en otoño, fomenta la aparición de malas hierbas. Otra forma de combatir estas plantas son los procesos mecánicos, que consisten básicamente en eliminarlas; en la agricultura tradicional consiste en arrancándolas a mano o con herramientas de labranza (Yenish, 2007). Existen otros métodos como los pesticidas u otros productos químicos que al no existir en nuestro marco cronológico no incluimos aquí.

Una de las enfermedades más comunes en los garbanzos es *Didymella rabiei* o *Ascochyta rabiei*, un hongo que afecta a la planta y puede llevar a grandes pérdidas durante el cultivo; otros casos similares son *Botrytis cinérea* y *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris*. Otro tipo de hongo afecta a las raíces, pudriéndolas y acabando con toda la planta, como es el caso de *Macrophomina phaesolina*, mientras que *Sclerotinia sclerotiorum* afecta al tallo entre otros. Para tratar estas enfermedades se suele realizar una siembra más tardía para evitar los momentos de más humedad, seleccionar las variedades más resistentes, rotar los cultivos y realizar cultivos mixtos los cuales suelen tener menos presencia de este tipo de enfermedades (Singh et al., 2007).

Se conocen cerca de 60 especies de insectos que afectan al garbanzo, destacando los gusanos cortadores (*Agrotis ipsilon* y *Agrotis segetum*), que afectan a la planta en general,

las orugas de la hoja (*Spodoptera exigua* y *Spilarctera oblique*), el pulgón (*Aphis craccivora*) y los brúquidos (*Bruchus*, *Caryobruchus*) los cuales afectan a las semillas (Sharma et al., 2007).

1.2.2 *Lathyrus*

El género *Lathyrus* está compuesto por 187 especies según la clasificación taxonómica propuesta por Kupicha (Kupicha, 1976) y aceptada posteriormente. Sin embargo las relaciones filogenéticas entre las secciones y las especies requieren una investigación más detallada, que incluya marcadores morfológicos, bioquímicos, citogenéticos y moleculares (Shiv Kumar et al., 2013). *Lathyrus sativus* puede hibridarse con descendencia fértil (acervo génico primario) con variedades de su misma especie, mientras que se hibrida sin descendencia fértil (acervo génico secundario) con *L.chrysanthus*, *L. gorgoni*, *L. marmoratus*, *L. pseudocicera*, *L. amphicarpus*, *L. blepharicarpus*, *L. chloranthus*, *L. cicera*, *L. hierosolymitanus* y *L. hirsutus* (Kearney & Smartt, 1995; Shiv Kumar et al., 2013; Yunus & Jackson, 1991). Aunque no se conoce exactamente el ancestro silvestre de *L. sativus*, estos estudios han establecido que las más probables son *L. cicera*, *L. marmoratus*, *L. blepharicarpus* y *L. pseudocicera*, aunque la primera tiene una mayor cercanía morfológica y citogenética por lo que probablemente sea su progenitor silvestre (Almeida et al., 2015; Jackson & Yunus, 1984; Shiv Kumar et al., 2013; Smartt, 1984).

Dentro de la especie *L. sativus* se observan mucha variabilidad morfológica, aunque algunos rasgos como las flores son más constantes (Jackson & Yunus, 1984), hecho que se ha utilizado para establecer dos grupos generales de variedades. El grupo con flores azules proceden del sureste y sur de Asia, mientras que el grupo de flores blancas y de color mixto tiene una distribución más occidental, desde Canarias hasta Europa del Este (fig. 1.5). Del mismo modo se ha observado como las plantas con flores blancas generan semillas blancas sin marcas de otra coloración en la testa (Almeida et al., 2015; Jackson & Yunus, 1984; Yunus & Jackson, 1991). Otro estudio vincula las plantas de flores blancas más típicas del Mediterráneo con semillas más grandes y blancas, seleccionadas para el consumo humano (Hanbury et al., 1999). Las almortas más pequeñas y endurecidas se consideran más primitivas, como en el caso de otras leguminosas de grano (Almeida et al., 2015). Por último, existen otro grupo de variedades no tan claramente diferenciable a los dos anteriores, procedentes del Mediterráneo que tienen plantas con hojas y vainas más anchas, pero con un bajo rendimiento de semillas, estando seleccionadas para utilizarse como forraje (Shiv Kumar et al., 2013).



Figura 1.5: Diferentes tipos de flor de *Lathyrus sativus*. Fuente Nada Moyano et al. 2020 (modificado)

La otra posible especie cultivada del género *Lathyrus* en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., *L. cicera*, está menos estudiada y genera más problemas en su análisis. Esto se debe a que como ya se ha mencionado, probablemente sea el ancestro silvestre de *L. sativus* y al mismo tiempo se ha cultivado sin establecerse una nueva categoría taxonómica. A diferencia de los casos anteriores no se han establecido grupos de variedades, pero sí que algunos autores han establecido algunas variedades concretas de esta especie, como *L. cicera* var. *angustifolius*, *L. cicera* var. *latifolius*, *L. cicera* var. *genuinus* establecidos por Rouy y Foucaud (1899) o *Lathyrus cicera* var. *longistipulatus* y *Lathyrus cicera* var. *pardoi* establecidas por Sennen y Mauricio (1933), aunque actualmente su estatus está rechazado denominándose todas estas variedades únicamente como *L. cicera*., como se muestra en las bases de datos del *Royal Botanic Gardens* o del *Conservatoire et Jardin botaniques de Genève*. Respecto a la Península Ibérica, se han establecido tres variedades *L. cicera* L. var. *pedunculatus*, *L. cicera* L. var. *foliatus* y *L. cicera* L. var. *palentinus* establecidas por Franco Jubete (1991) en su síntesis desarrollada sobre el cultivo actual de los títarros (*Lathyrus cicera*) en Castilla y León (fig. 1.6). Sobre estas últimas no se ha encontrado información sobre su estatus en las diferentes bases de datos.

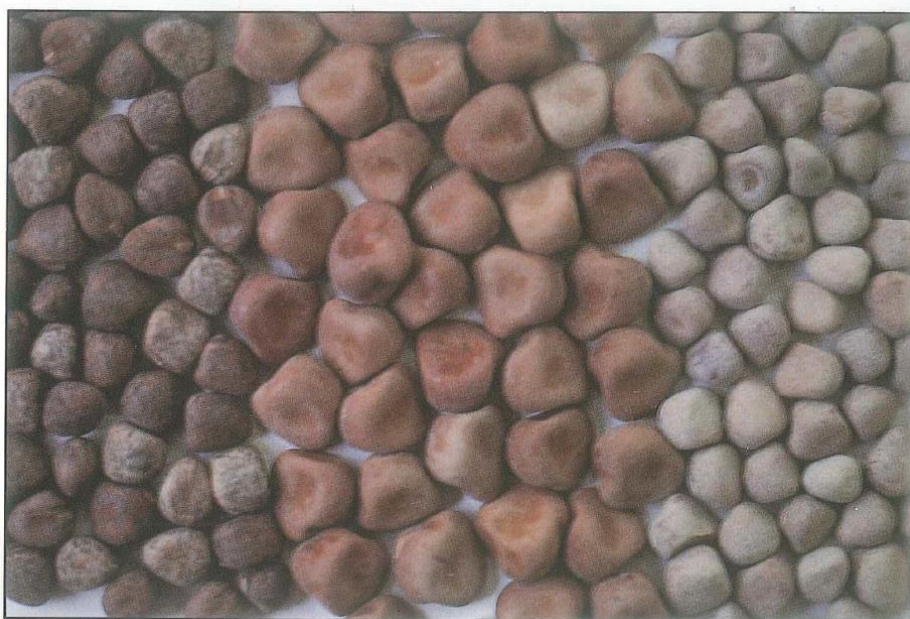


Figura 1.6: Semillas de *L. cicera*: Izquierda var. *pedunculatus*, centro var. *foliolatus*. Derecha var. *palentinus*.
Fuente Franco Jubete 1991

Ambas especies del género *Lathyrus* han sido poco estudiadas a nivel infra-específico, principalmente debido a su escasa utilización actual como alimento humano fuera del tercer mundo, existiendo pocas descripciones de estas plantas en su área de distribución (Smartt, 1990).

Otras especies cultivadas tradicionalmente en el Mediterráneo Occidental son *L. hirsutus*, *L. odoratus*, *L. tingitanus*, *L. sylvestris*, *L. tuberosus* y *L. ochrus*, aunque estos cultivos son muy marginales y ocasionales, utilizándose como forraje o abono en verde, salvo *L. odoratus*, que se cultiva para perfumería (Castroviejo et al., 2005). *L. clymenum* ha sido cultivada en el Egeo y Turquía tradicionalmente, también se han encontrado evidencias arqueológicas de su cultivo en estas áreas durante la Edad del Bronce (Sarpaki & Jones, 1990; Zohary et al., 2012) sin embargo no hay evidencias arqueológicas ni actuales de su cultivo en el Mediterráneo Occidental.

1.2.2.1 Almortas (*Lathyrus sativus* y *Lathyrus cicera*)

La almorta es una leguminosa autógama diploide verdadera $2n=2x=14$, herbácea anual y trepadora con tallos de hasta 70 cm. Su fruto es elíptico o trapezoidal con 1-3 semillas en cada uno (fig. 1.7) Estas son prismáticas o trapezoidales con caras planas o ligeramente cóncavas. La almorta de monte o titarro es similar, pero puede ser perenne y llegar hasta los 100 cm, mientras que los frutos pueden tener entre 3 y 6 semillas (Castroviejo et al., 2005).



Figura 1.7: Planta y flor de *Lathyrus sativus*. Fuente: Nadal et al. 2020. Modificado

Actualmente su cultivo se da principalmente en la India, Bangladesh, Nepal, Pakistán y Etiopía como alimento y en otros países, como en España, para su uso como forraje (Shiv Kumar et al., 2013). Su escaso cultivo para consumo humano se debe a la mala fama obtenida por el latirismo, intoxicación crónica producida por el consumo excesivo de las almortas, generado por el aminoácido beta-N-oxalyl-L-alpha-beta-diaminopropiónico (también conocido por las siglas ODAP), químicamente semejante al glutamato. El ODAP desencadena una parálisis espástica irreversible de los miembros inferiores, hiperreflexia espinal y cambios estructurales de los tejidos conectivos esqueléticos. Los espasmos, además, acaban derivando en deformidades e incluso la muerte (Dirk Enneking, 2011). Sin embargo la intoxicación es muy rara salvo en los casos en los cuales estas especies sean la base de la alimentación, no suponiendo un peligro en dietas equilibradas con otros alimentos (Almeida et al., 2015; Campbell, 1997). Para presentar síntomas de intoxicación el consumo de almortas debe ser de unos 400 gramos diarios durante al menos tres meses (Nadal Moyano et al., 2020). Los titarros prácticamente han desaparecido de los cultivos, conservándose de forma tradicional solo en algunas regiones de España y Portugal de forma muy marginal, también tiene el aminoácido ODAP, pudiendo provocar latirismo, pero su porcentaje es menor que la mayoría de las variedades de almortas, salvo los *Lathyrus sativus* que tienen semillas pequeñas y blancas, las cuales tienen un porcentaje muy similar (Franco Jubete, 1991). En los análisis bioquímicos en las semillas de almortas, se ha observado como sus porcentajes de ODAP es menor en las variedades cuyas testas tienen una coloración más suave, ya que está relacionado con la mayor o menor presencia de taninos (Butler, 1990)

En los lugares con inviernos suaves se recomienda la siembra de almortas en otoño, de septiembre a octubre, aunque en los lugares con heladas invernales se recomienda una siembra primaveral, de febrero a marzo, cosechándose unos 200 días después de su siembra, cuando las vainas cambian a color crema y su humedad desciende al 13% (Nadal Moyano et al., 2020). Los titarros son más resistentes al frío, por lo que incluso en zonas

frías como la tierra de Campos de Palencia se puede sembrar tanto en otoño invierno (en septiembre-octubre o diciembre febrero) o en la primavera temprana (Franco Jubete, 1991). Las almortas son muy resistentes a las sequías, incluso en años con precipitaciones por debajo de 250 mm anuales, además de tolerar suelos pobres y resistir inundaciones, estas características las hace muy valiosas para climas áridos y poco fértiles y es uno de los motivos por lo que en los últimos años se está comenzando a intentar fomentar su cultivo a pesar de su mala imagen (Almeida et al., 2015; Hillocks & Maruthi, 2012; Shiv Kumar et al., 2013). En épocas de sequías y hambrunas generadas por malas cosechas, las almortas son las menos afectadas, por este motivo ha sido muy consumida en momentos de crisis, generando brotes de latirismo (Yan et al., 2006). Los titarros también crecen en suelos pobres y marginales, su tolerancia a la sequía es menor que en el caso de las almortas pero resisten mejor las heladas (Franco Jubete, 1991).

Las almortas resisten muy bien condiciones de inundación y alta presencia de agua, estabilizando este tipo de suelos, por lo que en países del sur de Asia donde se cultiva arroz de forma tradicional, se suele combinar con esta leguminosa para evitar la erosión (Abd El-Moneim et al., 1999; Hillocks & Maruthi, 2012). Tanto las almortas como los titarros se pueden cultivar combinados con otras leguminosas como las vezas y algunos cereales como la cebada o los trigos vestidos en conjunto, generando una mezcla de especies ideal para alimentar al ganado y que crece en suelos pobres y de secano, este tipo de cultivo se denomina comuña (Franco Jubete, 1991).

Las almortas tienen entre 301 y 353 Kcal por 100 gramos. El porcentaje de proteínas puede variar desde un 25,6 a un 28,4%, sin embargo, algunos estudios han analizado que las almortas fermentadas pierden prácticamente todo su contenido en ODAP y su porcentaje proteico asciende al 35,9% después de este proceso (Kuo et al., 1995), el forraje de la planta alcanza un 18% de proteína (Nadal Moyano et al., 2020). Entre el 48 y el 52,3% de las almortas son carbohidratos y solo entre el 0,6 y 2% se corresponden a grasas; también tienen importantes cantidades de calcio y fósforo (Yan et al., 2006). Los niveles de ODAP medio de las almortas están en torno a 5,8 mg `por cada 100 gramos, aunque parece que algunas variedades como las almortas de color blanco tienen menos cantidad de esta proteína, mientras que los titarros tendrían un nivel menor (Franco Jubete, 1991) aunque en este estudio no se facilitan los valores absolutos obtenidos.

Las almortas y los titarros son malas competidoras frente a las especies adventicias, viéndose afectada su productividad. Igual que en el caso de los garbanzos, las principales medidas para controlar las plagas de forma tradicional son la prevención cuando sea posible, las culturales con cambios de cultivo y rotaciones y los procesos mecánicos para eliminarlas, ya sea a mano o a través de herramientas de labranza (Almeida et al., 2015)

Una de las enfermedades que más afecta al cultivo de almortas y titarros es el oídio, provocada por el hongo *Erysiphe pisi* afectando a hojas, vainas y tallos, produciéndose cuando la humedad supera el 70%. Otro hongo es el *Uromyces pis* que de nuevo afecta a las hojas. Este tipo de enfermedades puede contagiarse de una planta a otra por lo que es muy importante su eliminación cuando se observan los inicios de estas infecciones. Otros

problemas en estos cultivos son las hierbas parasitarias como el jopo (*Orobanche crenata*) y la cuscuta (*Cuscuta campestris*) (Campbell, 1997; Nadal Moyano et al., 2020).

Los insectos que más afectan a las almortas son el pulgón (*Aphis craccivora*), que afecta a la planta, especialmente las hojas y los brotes. Otro tipo de insectos que afecta a las semillas ya almacenadas son los gorgojos, como *Bruchus pisorum* además de otras especies de este género (Mohapatra et al., 2015; Singh & Emden, 1979).

1.2.3 *Lens*

El género *Lens*, está compuesto por unos pocos taxones, los cuales han ido cambiando en los últimos años con los avances en taxonomía. Este género se distribuye por la cuenca mediterránea y el sudoeste, sur y centro de Asia. Uno de los primeros estudios del género fue realizado por la botánica Helena Barulina (1930), quien estableció 5 especies diferentes: *Lens lenticulata*, *Lens kotschyana*, *Lens nigricans*, *Lens orientalis* y *Lens esculenta*, correspondiendo esta última a la especie cultivada con dos subespecies: *macroespermae* y *microespermae*. Posteriormente estas especies se renombraron como se recoge en el trabajo de Zohary (1972) pasando *L. kotschyana* a *L. montbretii*, *L. lenticulata* o *lenticula* a *L. ervoides* y *L. esculenta* a *L. culinaris*, conservando la esencia ya que con solo datos morfológicos se distinguen estos 5 taxones (Coyne & McGee, 2013). En 1982 los primeros estudios citogenéticos confirmaron que la especie *montbretii* era más cercana a las vicias, pasando a ser *Vicia montbretii* (Ladizinsky & Sarker, 1982), estas diferencias ya se mencionan en los estudios de Barulina y Zohary aunque se confirman con estos nuevos datos. En 1985 se añadió una nueva especie, *Lens odemensis*, basándose en la divergencia alozimática de los diferentes taxones (Pinkas et al., 1985). La primera vez que se establecieron subespecies a través de estudios no solo morfológicos, se clasificó a *Lens* como un género de dos especies y 5 taxones, con *L. culinaris* y *L. nigricans*. La primera especie se dividió en tres subespecies (*L. culinaris subsp. culinaris*, *L. culinaris subsp. orientalis* y *L. culinaris subsp. odemensis*), mientras que la segunda se subdividió en *L. nigricans subsp. nigricans* y *L. nigricans subsp. ervoides* (Ladizinsky et al., 1984). Posteriormente este mismo autor cambió esta taxonomía debido a los estudios cromosómicos realizados, volviendo a *L. nigricans* y *L. ervoides* a considerarse dos especies separadas, como también *L. odemensis*, continuando únicamente con las subespecies *L. culinaris subsp. culinaris* y *L. culinaris subsp. orientalis* (Ladizinsky, 1993). A esta clasificación añadió posteriormente la especie *Lens tomentosus* (Ladizinsky, 1997). En una nueva reevaluación se volvió a incluir a *L. odemensis* como una subespecie de *L. culinaris*, añadiendo también como subespecie a la recién descubierta *L. tomentosus*, incluyendo por primera vez a *L. lamottei*, descubierta anteriormente (Czeikanova, 1971) pero no incluida hasta ahora (Ferguson et al., 2000). Esta última es la clasificación aceptada por varios autores como Coyne y McGee (2013), aunque otros prefieren la establecida por Cubero, en la cual todos los taxones de Ferguson se consideran como diferentes especies salvo *L. culinaris subsp. culinaris* y *L. culinaris subsp. orientalis* que continúan clasificándose como dos subespecies (Cubero et al.,

2009), esta clasificación es seguida por varios autores actuales (Stefaniak & McPhee, 2015), aunque como hemos visto otros prefieren la propuesta anterior.

Las lentejas cultivadas fueron divididas en dos subespecies por Barulina (1930), entre microesperma y macroesperma por diferentes rasgos morfológicos, siendo uno de ellos el tamaño de las semillas. Sin embargo, los estudios genéticos muestran como por ejemplo las accesiones de macroesperma y microesperma de España son más similares entre ellas que las microespérmicas de diferentes países europeos (Durán & Pérez de la Vega, 2004). Actualmente estas dos categorías se reconocen como “razas” o grupos de variedades en las cuales se diferenciarían los dos tipos observados por Barulina (Cubero, 1981; Cubero et al., 2009; Muehlbauer et al., 1985).

Aunque todavía no se ha reclasificado oficialmente a este género algunos autores ya han comenzado a proponer su integración en el género *Vicia* proponiendo que *Lens culinaris* se denomine *Vicia lens* (Coulot & Rabaute, 2020) o *Vicia culinaris* (Omar et al., 2019).

1.2.3.1 Lenteja (*Lens culinaris*)

La lenteja es una leguminosa diploide verdadera $2n=2x=14$, herbácea anual erecta o difusa con tallos de entre 25 y 50 cm. Su fruto es oblongo-rómbico, comprimido lateralmente con 1 o 2 semillas en cada uno (fig. 1.8). Estas son lenticulares, bastante planas y de diferentes colores (Castroviejo et al., 2005).

Actualmente es la sexta leguminosa más cultivada, por detrás de la judía (*Phaseolus vulgaris*, el garbanzo (*Cicer arietinum*), los guisantes (*Pisum sativum*), las habas (*Vicia faba*) y las carillas (*Vigna unguiculata*). Los principales países productores son Canadá, la India y Turquía. En Europa solo se produce el 1% del total, destacando España con más de la mitad de la producción europea (Erskine, 2009).



Figura 1.8: Cultivo planta y frutos de lenteja. Fuente (Erskine et al. 2009)

El cultivo de las lentejas está determinado por la temperatura, la distribución y la cantidad de las precipitaciones. En las regiones con climas mediterráneos con precipitaciones entre 300 y 450 mm, se siembran en invierno, aunque las bajas temperaturas restringen el

crecimiento en los primeros meses, incrementando su crecimiento en primavera y su maduración a finales de esta estación o a principios de verano. En las zonas con inviernos más fríos, la siembra se retrasa hasta la primavera, produciéndose la cosecha a finales de verano. Las lentejas se cultivan en zonas más secas que las habas o incluso algo más que el garbanzo, con apenas 250 mm de precipitaciones, sin embargo, la falta de agua es la principal limitación para la producción de lentejas en todo el mundo, como en la mayoría de cultivos, por lo que en algunas regiones de la India se riega cuando hay pocas precipitaciones. Por otro lado, a diferencia de los cereales o las almortas, las lentejas no toleran el anegamiento en agua. Las lentejas suelen cultivarse y adaptarse a suelos de neutros a alcalinos, pero su rendimiento se ve comprometido cuando los suelos son ácidos, sódicos, salinos o tienen altos niveles de boro (Materne & Siddique, 2009).

En la India y Bangladesh es muy común la alternancia de cultivos entre el arroz y la lenteja año a año, cultivándose la lenteja después de la retirada del agua. En el sur de Asia las lentejas se encuentran en cultivos mixtos realizados en zonas con estrés hídrico junto con mostaza, cebada y garbanzos. En Turquía en las zonas más áridas se realiza una mezcla de un 70% de lentejas con un 30% de trigo, obteniendo buenos resultados tanto para el grano como la paja. Otra forma de cultivo de lentejas es de forma intercalada con trigo, cebada o mostaza, colocando una o dos hileras de una especie y la siguiente de otra (Ali et al., 2009).

Las lentejas aportan entre 339 y 480 Kcal por 100 gramos secos, con un valor medio de 391. Su contenido en proteínas puede variar desde un 15,9% a un 31,4% con un valor medio de 28,3%. Como en otras leguminosas su contenido en grasas es muy bajo, con un rango de 0,3% a 3,5% con un valor medio de 2,5%. Como en las otras leguminosas, sus mayores componentes son los carbohidratos, con valores entre un 43,4 y un 74,9% con un valor medio de 67,1%. También tienen un importante número de minerales como fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro y zinc entre otros (Grusak, 2009).

Frente a las malas hierbas son muy poco competitivas, especialmente debido a su corta estatura y sus lentas tasas de crecimiento. La pérdida de rendimiento puede estar entre un 20 y 84%. También algunas malas hierbas asociadas a las lentejas son *Lathyrus aphaca* L., *Vicia sativa* L. y *Vicia hirsuta*, con semillas de tamaños similares, haciendo difícil su cribado y volviendo a sembrarlas conjuntamente con las lentejas. Las medidas para controlarlas son las propuestas en los casos anteriores, como las medidas de protección las culturales y las mecánicas (Yenish et al., 2009).

Las enfermedades fúngicas que afectan a las lentejas son similares a los casos anteriores, con *Ascochyta lentis*, *Uromyces viciae-fabae* como causante de la roya, la botritis generada por *Botrytis cinerea*, la antracnosis causada por *Colletotrichum truncatum*, entre otras enfermedades. Las formas de tratarlas son evitar las acumulaciones de humedad en los campos, además de una siembra más tardía, evitando las temporadas más húmedas en los lugares con altas precipitaciones invernales y primaverales, por último, la eliminación de los individuos infectados evitando el contagio y controlando que en la siembra no se incluyan semillas ya infectadas (Chen et al., 2009).

Las lentejas pueden ser afectadas por un cierto rango de insectos los cuales generan grandes pérdidas de los cultivos o de las cosechas ya almacenadas. Los más importantes son los pulgones (*Aphis craccivora* y *Acrythosiphon pisum*), *Chromatomyia horticola* es uno de las plagas más dañinas, dañando las hojas y los tallos, como también *Etiella zinckenella*. En las semillas una vez ya almacenadas son especialmente peligrosos los escarabajos como *Callosobruchus maulatus* y *chinensis* además de los gorgojos como *Bruchus lentis* y *ervi* (Ujagir & Byrne, 2009). En la Península ibérica son especialmente peligrosos las dos especies de pulgón anteriores además de *Thrips tabaci* y *Thrips angusticeps* y *Sitona lineatus*, los cuales atacan a las hojas y el tallo (Perez-Andueza et al., 2004). Alguno de los métodos tradicionales para controlar estas plagas son los culturales, como el abono para un crecimiento vigoroso, la rotación de cultivos, la manipulación de la fecha de siembra, los cultivos mixtos y el saneamiento del campo. Otra medida es ajustar el momento de siembra para que no coincida con el momento óptimo de los insectos (Ujagir & Byrne, 2009).

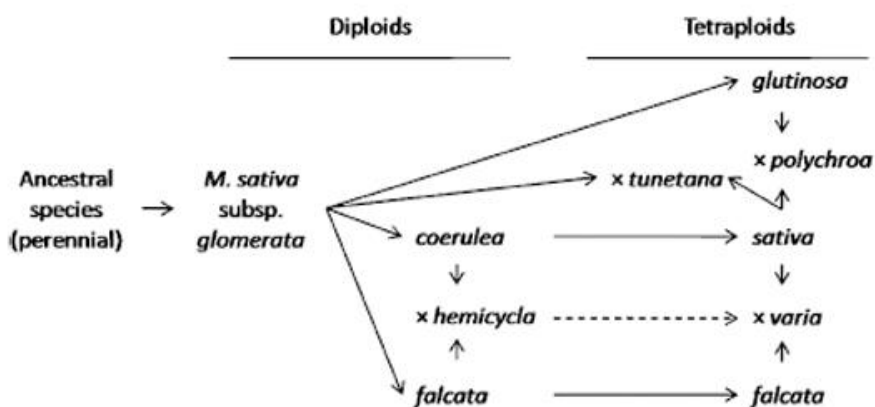
1.2.4 *Medicago*

El género *Medicago* está compuesto por 12 secciones y 4 subsecciones y 85 especies según Small y Jomphe (1989), aunque otros autores lo subdividen en 4 subgéneros, 14 secciones y 3 subsecciones (Quiros & Bauchan, 1988). Esta clasificación está basada en el trabajo de matrimonio Lesins (1979), quien junto a Small han sido los investigadores que más lo han estudiado. Estas diferencias son solo un ejemplo de lo complejo que resulta la taxonomía de *Medicago*, el cual es muy cercano a *Trigonella* y en ocasiones se ha propuesto su fusión (Small, 1986). De todo el género la parte que nos interesa para este estudio es la subsección *Falcatae* de la sección *Falcatago* del subgénero *Medicago* de la clasificación de Quiros y Bauchan, el cual se ha denominado como complejo *Medicago sativa-falcata-glutinosa* (Lesins & Gillies, 1972) o simplemente complejo *Medicago sativa-falcata* (Stanford et al., 1972), ambos conceptos se publicaron en el mismo volumen monográfico (Han Son, 1972). Dentro de este grupo se encuentran las diferentes especies cultivadas de este género, las cuales han pasado a considerarse poco a poco como subespecies de *M. sativa*, con una primera reclasificación en 1978 (Gunn et al., 1978) y continuada posteriormente por diferentes investigaciones de Lesins (1979), Quiros y Bauchan (1988) y Small (2011). Todos estos cambios se han ido produciendo con la introducción de estudios genéticos moleculares, pudiendo ver las relaciones entre los diferentes taxones de forma más profunda que la morfometría. La última investigación realizada sobre el complejo *Medicago sativa-falcata* (Şakiroğlu & İlhan, 2021) propone la clasificación representada en la tabla 1.1.

Taxa	Nivel Ploidismo	Color de la flor	Forma de la vaina
<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>caerulea</i>	Diploide	Púrpura	Espiral
<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>falcata</i>	Diploide, Tetraploide	Amarillo	Falcata
<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>x hemicycla</i>	Diploide	Variado	Semi-espiral
<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>glutinosa</i>	Diploide	Amarillo	Espiral
<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>sativa</i>	Tetraploide	Púrpura	Espiral
<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>x varia</i>	Tetraploide	Variado	Semi-espiral
<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>glomerata</i>	Tetraploide	Amarillo	Espiral

Tabla 1.1: Diferentes taxones del complejo *Medicago sativa*-*falcata* establecido por Şakiroğlu & İlhan, 2021

Todas estas subespecies son muy similares entre ellas y pueden estar cultivadas, aunque de forma mucho menos frecuente que *M. sativa* subsp. *sativa*, como por ejemplo *M. sativa* subsp. *falcata* la cual en algunas ocasiones se ha documentado cultivada en la Península Ibérica (Castroviejo et al., 2005), mientras que otras son resultados de hibridaciones naturales entre ellas. Aunque no se han realizado estudios en profundidad al respecto (Şakiroğlu & İlhan, 2021), el ancestro silvestre de estas especies es el taxón ahora considerado *M. sativa* subsp. *glomerata*, pero que anteriormente se consideraba como una especie (fig. 1.9). Esta hipótesis se ha establecido por la cercanía de este taxón al resto (Quiros & Bauchan, 1988), por lo que podría ser el ancestro silvestre común a pesar de que no se hayan realizado test moleculares (Şakiroğlu & İlhan, 2021)

Figura 1.9: Esquema del grupo *Medicago sativa*-*falcata*. Fuente: Small 2011

1.2.4.1 Alfalfa (*Medicago sativa*)

La alfalfa es una leguminosa que dependiendo de la subespecie cultivada puede ser diploide o tetraploide, ya que como se ha explicado anteriormente tiene una clasificación taxonómica compleja. La subespecie cultivada *Medicago sativa* subsp. *sativa* tiene una configuración tetraploide, $2n = 4x = 32$. Son hierbas perennes, frecuentemente erectas y ramificadas, con tallos que alcanzan hasta los 90 cm (fig. 1.10). Su fruto tiene forma de espiral, característico del género con numerosas semillas en él. Estas son pequeñas con tamaños en torno a 1 mm y con forma reniforme y sección elipsoidal (Castroviejo et al., 2005).

La alfalfa es el principal cultivo forrajero, concentrándose el 70% su producción en EEUU, Europa del este y Argentina y en resto está dividida entre Francia, España, Italia, Canadá, China y Australia (Veronesi et al., 2010). De las especies analizadas en detalle es la única que no se puede cultivar como leguminosa de grano, solo como forraje, tampoco se ha consumido tradicionalmente por los humanos.



Figura 1.10: Flor y planta de la alfalfa. Fuente: Córdoba et al. 2015. Modificado

Al ser una especie perenne no hace falta replantarla, pudiendo durar su cultivo hasta 10 años si las condiciones son muy buenas, aunque se recomienda rotarlo como mínimo cada 3 años (Barnes, 1980). La planta de la alfalfa responde a las bajas temperaturas en un estado de letargo en el que sobrevive al invierno. Luego vuelve a crecer en primavera a partir de las yemas situadas en la corona. Los tallos y las hojas vuelven a crecer tras el corte, lo que permite de dos a diez ciclos de cosecha y rebrote durante su crecimiento. Su cultivo se produce en regiones con climas mediterráneos o continentales, en suelos arenosos o arcillosos siempre que no sean demasiado ácidos o salinos. Es tolerante a la sequía ya que sus raíces son profundas pudiendo acceder a la humedad del suelo, aunque actualmente en muchas regiones se irriga para obtener una mayor productividad. La época de siembra de la alfalfa varía según la región para aprovechar las condiciones favorables

de humedad y temperatura del suelo. Si se siembra en primavera se puede hacer la primera cosechar durante el año de siembra, pero tiene más riesgo de malas hierbas, mientras que si se realiza a finales de verano o en otoño permiten sembrar la alfalfa después de que se haya cosechado otro tipo de cultivo y, por lo general, dan lugar a una alta producción en el primer año completo del rodal (Fernandez et al., 2019).

La alfalfa puede cultivarse combinada con otras especies, especialmente cereales, obteniendo de esta forma una menor competencia con las malas hierbas y produciendo un heno más completo para el ganado; por otro lado, aunque se coseche el cereal la alfalfa sigue creciendo en la próxima temporada (Fernandez et al., 2019).

Los valores nutricionales de la alfalfa seca (en este caso de la planta como forraje) dependen del animal que la consume y su capacidad de digerir la fibra, oscilando entre las 1650 Kcal de los cerdos a las 1800 de los caballos. Su composición es de un 17% de proteínas, un 30% de fibra y un 2% de grasa (Barnes, 1980).

La alfalfa es dañada por diferentes hongos, como sucede en otras leguminosas, este tipo de enfermedades aparecen cuando hay una alta temperatura y humedad, las principales enfermedades son la antracnosis, generada por *Colletotrichum meliloti*, la podredumbre de la raíz (*Aphanomyces euteiches* y *Phytophthora megasperma. sp. medicaginis*), la mancha común de la hoja (*Pseudopeziza medicaginis*), mildiú veloso (*Peronospora trifoliorum*) y el fusarium (*Fusarium oxysporum f. sp. medicaginis*). De nuevo las formas tradicionales de combatirlas es a través de la prevención, de métodos culturales como retrasar la siembra y mecánicos, eliminando los individuos infectados (Veronesi et al., 2010). Las plagas de insectos son principalmente a pulgones (*Ditylenchus dipsaci*) y el gorgojo de la alfalfa *Hypera postica* (Veronesi et al., 2010).

1.2.5 *Pisum*

El género *Pisum* es uno de los cuatro que componen la tribu *Vicieae*, como ya se ha visto anteriormente. Su clasificación ha ido variando conforme se han avanzado en los estudios morfológicos y genéticos. Uno de los primeros autores en clasificar las especies de este género fue Govorov, estableciendo a *P. sativum*, *P. elatius*, *P. humile*, *P. fulvum*, *P. abyssunicum* y el ya comentado *P. formosum* (Govorov, 1937), el cual se separó en el nuevo género *Vavilovia* posteriormente. La división del género ha ido variando tanto en su clasificación como en los nombres utilizados para cada taxón. En la revisión realizada por Yarnell (1962), a través de análisis citogenéticos, se establece como sinónimos de la misma especie a *P. arvense*, *P. elatius* y *P. jomardi*, clasificándolos como *P. sativum var. arvense*, también *P. humile* se pasa a considerar una raza de *P. sativum*. Estos estudios dieron paso a establecer al género como monotípico por Lamprecht en 1966 y Marx en 1977 (Smýkal et al., 2013). Mientras que Davis en 1970 y Kupicha en 1981 solo reconocían a *P. fulvum* y *P. sativum*, clasificando al resto como subespecies o variedades

(Smykal et al., 2013). Esta clasificación se ha extendido y utilizado por varios investigadores, recogiendo en la Flora Iránica, la Flora de Turquía y en la de Iraq, utilizándose también en volúmenes recopilatorios (Polhill & Van der Maesen, 1985). Las últimas revisiones realizadas con estudios citogenéticos (Smykal et al., 2011, 2013) son similares a esta última aunque incluyen *P. abyssinicum* como una especie más, clasificando el género de la siguiente forma:

- *P. sativum* L.
 - Subsp. sativum* (incluyendo las variedades *sativum*, *arvense* y *humile*, la cual es sinónima de *pumilio*)
 - Subsp. elatius* (incluyendo las variedades *elatius* y *brevipedunculatum*)
- *P. fulvium* Sibth & Sm.
- *P. abyssinicum* A. Br.

Con la propuesta de integración de esta especie dentro del género *Lathyrus*, algunos autores han propuesto recuperar la antigua sinonimia de *Lathyrus oleraceus* para *Pisum sativum* (Coulot & Rabaute, 2020; Kosterin, 2017), mientras que *P. abyssinicum* se denominaría *Lathyrus schaeferi* y *Pisum fulvum* como *Lathyrus fulvus* (Kosterin, 2017).

El guisante es una de las especies con mayor diversidad en sus cultivos, comparable con el maíz, la calabaza o la berza. Todas sus variedades se pueden agrupar según sus usos y clases, diferenciando a los guisantes de campo (*Field Pea*) que se corresponden con los guisantes secos, utilizados como forraje o para obtener harina. Las semillas suelen ser más redondeadas y con colores verdes, amarillos o incluso rojos, normalmente estas variedades se corresponden con el taxón *P. sativum subsp. sativum var. arvense* (Polhill & Van der Maesen, 1985). El otro gran grupo de variedades se corresponde con los guisantes frescos o "*Garden Pea*", clasificados en el taxón *P. sativum subsp. sativum var. sativum* (Polhill & Van der Maesen, 1985); estos se utilizan para consumo humano, tanto como sus vainas inmaduras como las semillas frescas, también pueden secarse y conservar pero su mayor tamaño hace que no sea una forma tan eficaz de almacenamiento como las variedades anteriores (Warkentin et al., 2015).

1.2.5.1 El guisante (*Pisum sativum*)

El guisante es una leguminosa diploide verdadera $2n=2x=14$, herbácea anual de hasta 200 cm. Su fruto es turoloso, con 6-10 semillas en cada uno (fig. 1.11). Estas son lisas papilosas o alveolado-rugosas, su forma es esférica, aunque la parte de la chalaza suele estar aplanada, achatada (Castroviejo et al., 2005).

Como ya se ha explicado en la clasificación taxonómica existen dos tipos de guisantes, los que se cultivan para posteriormente secar, destinados principalmente al ganado, y los guisantes cultivados para consumirlos en verde. Los guisantes en conjunto se disputan el

segundo lugar de las leguminosas de grano más cultivadas con los garbanzos, siendo un cultivo muy extendido por el mundo, los principales países productores de guisantes secos son Canadá, Rusia y China, mientras que China, India y EEUU son los principales productores de los guisantes frescos (FAOSTAT 2021).



Figura 1.11: Planta y fruto del guisante. Fuente Moncayo Gil. Modificado

Su cultivo es principalmente de clima templado y aunque necesita algo de humedad se puede cultivar en secano en lugares no muy áridos. Toleran mejor los suelos ligeros y de naturaleza silíceo-limosa, evitando los suelos encharcados, Se puede sembrar en otoño en lugares donde las heladas invernales no bajen de -4° C, cosechándose a finales de primavera. También puede sembrarse en febrero-marzo, cosechándose en verano. En climas con veranos muy cálidos, con temperaturas superiores a 35° , se recomienda su siembra temprana para evitar las altas temperaturas, las cuales pueden producir daños en su cultivo. Normalmente en los climas mediterráneos no se irriga cuando se cultivan las variedades destinadas a guisantes secos, pero si las destinadas a su consumo fresco, aunque no necesitan mucha cantidad de agua (Warkentin et al., 2015). La cosecha de los guisantes frescos se hace paulatinamente, aprovechando así todas las vainas, ya que no maduran al mismo tiempo. Los guisantes secos si se suelen cosechar conjuntamente cuando las vainas están ya secas (D'Ambrosio et al., 2018).

En la Península Ibérica se ha documentado el cultivo de los guisantes secos en cultivos arbóreos de secano, como olivares o viñedos, aprovechando los surcos de estos cultivos. También se documentan cultivos mixtos de guisantes y otros cereales como avena, cebada o trigo, destinando el producto obtenido como forraje para el ganado, este hecho se ha

observado tanto en la Península (D'Ambrosio et al., 2018) como en regiones más húmedas como Alemania (Filatova et al., 2019).

Los valores nutricionales de 100 gramos de guisantes secos son más o menos similares a las otras leguminosas, aportando entre 302 y 337 kcal, con un 22-26% de proteínas, 2-5% de grasas y entre un 40 y 52% de carbohidratos. También tiene un alto porcentaje de fibra, entre un 12 y 17%. Cuando se consumen frescos estos valores son bastante inferiores, con un aporte energético de 80 Kcal, un 5,3% de proteína, 0,4% de grasas, 10% de carbohidratos y 7,8% de fibra, el resto es agua al estar todavía fresco (Smýkal et al., 2013).

Durante su crecimiento los guisantes son vulnerables a otras malas hierbas, aunque debido a su mayor altura no son tan malos competidores como las otras leguminosas de grano, sin embargo, pueden causar grandes pérdidas a la producción (Harker et al., 2001; Warkentin et al., 2015). Como en los casos anteriores las técnicas tradicionales son la prevención, las culturales y las mecánicas. Se ha observado como su cultivo mixto con el centeno reduce la presencia de malas hierbas, obteniendo buenos resultados en la productividad posterior al reducirse considerablemente individuos del género *Lolium* (Akemo et al., 2000).

Las principales enfermedades fúngicas que afectan a los guisantes son el oídio del guisante, (*Erysiphe polygoni*), la antracnosis o rabia del guisante (*Ascochyta pisi*) y la roya del guisante (*Uromyces pisi*), que afectan principalmente a las hojas y las vainas. Otro tipo de hongo es *Thielaviopsis basicola*, el cual afecta al cuello de la raíz, generando graves problemas a estas. Las formas tradicionales de controlar estas enfermedades son las mismas que en las especies anteriores, evitando la siembra en las épocas más húmedas, la rotación de cultivos y la eliminación de los individuos infectados (Warkentin et al., 2015).

El pulgón verde (*Acyrtosiphon pisum*) es uno de las principales plagas de los guisantes, afectando a la parte vegetal de la planta, también la polilla del guisante (*Laspeyresia nigricana*), que se introduce en las vainas comiéndose las semillas antes de que maduren. La sitonia (*Sitona linetus*) es un escarabajo que se alimenta de las hojas del guisante. Por último, las semillas ya almacenadas también son atacadas por los gorgojos (*Bruchus pisorum*), produciendo grandes daños en los guisantes secos almacenados (Kumar & Patel, 2015). Los métodos tradicionales para controlar estas plagas son los mismos que en otras especies: los culturales, como el abono para un crecimiento vigoroso, la rotación de cultivos, la manipulación de la fecha de siembra, los cultivos mixtos y el saneamiento del campo (Mohapatra et al., 2015).

1.2.6 *Vicia*

El género *Vicia* comprende a más de 160 especies, distribuidas principalmente en Europa, Asia y Norte América, pero extendida también por África y Sur América. Está subdividido en dos subgéneros *Cracca* o *Vicilla* y *Vicia* (Fouad et al., 2013; Hanelt &

Mettin, 1989). A su vez el subgénero *Vicia* se ha subdividido desde 5 secciones (Kupicha, 1976), 6 (Hanelt & Mettin, 1989) a 9 (Fouad et al., 2013; Maxted & Bennett, 2001; Maxted, 1993). El subgénero *Vicilla* tiene 17 secciones (Hanelt & Mettin, 1989) o 20 (Kupicha, 1976), estas clasificaciones varían según los autores que las realizan. Por ejemplo para la realización de la flora ibérica (Castroviejo et al., 2005) se ha utilizado la clasificación de Kupicha, mientras que otros trabajos (Fouad et al., 2013) utilizan las clasificaciones de Maxted para el subgénero *Vicia*.

Sin embargo, respecto a las secciones en las cuales se encuentran las especies que se han identificado en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C. (*Vicia ervilia*, *Vicia faba* y *Vicia sativa*), no varían en las diferentes clasificaciones realizadas. Todas las clasificaciones establecen la sección *Ervilia*, en la cual se encuentra *Vicia ervilia* en el subgénero *Vicilla*, (Hanelt & Mettin, 1989; Kupicha, 1976). En el subgénero *Vicia*, todas las publicaciones sitúan a las secciones *Faba*, en la cual se encuentra *Vicia faba* y a la sección *Vicia*, en la cual se encuentra *V. sativa* (Hanelt & Mettin, 1989; Kupicha, 1976; Van de Wouw et al., 2003). Sin embargo, respecto a *Vicia ervilia* existen algunos autores (Coulot & Rabaute, 2020) que utilizan la antigua sinonimia en la que se clasifica como un género aparte de *Vicia* denominado *Ervilia* y siendo la especie *Ervilia sativa*.

Estas especies tienen clasificaciones infra-específica salvo *Vicia ervilia*, en la cual no se han establecido subespecies o grandes grupos de variedades, es una especie bastante homogénea en sus características a diferencias de las vezas o las habas, aunque también de estas tres ha sido la menos estudiada, por lo que no existen muchos estudios al respecto.

Vicia sativa se considera la especie del género con una morfología más diversa y la más extendida. Se han descrito muchas subespecies, variedades y formas, que se consideran genéricamente como el conjunto de *Vicia sativa* (Van de Wouw et al., 2003). El denominado conglomerado de *V. sativa* (*V. sativa aggregated* en inglés) se corresponde con la sección *Vicia* del subgénero *Vicia* del género *Vicia* y se ha reorganizado de diversas formas según se han ido realizando diferentes investigaciones, clasificándose tanto en 6 especies y variedades en los primeros estudios (Fedchenko, 1948) como en una sola especie con 7 subespecies (Zohary & Plitmann, 1979) fig. x. Los estudios basados en análisis genéticos han establecido una sección de 4 especies: *Vicia barbazitae*, *Vicia incisa*, *Vicia pirenaica* y *Vicia sativa*. Esta última, a su vez estaría compuesta por 6 subespecies: *V. sativa subsp. amphicarpa*, *V. sativa subsp. cordata*, *V. sativa subsp. macrocarpa*, *V. sativa subsp. nigra*, *V. sativa subsp. sativa* y *V. sativa subsp. segetalis* (Van de Wouw et al., 2001, 2003).

Vicia faba se ha subdividido en diferentes taxones los cuales han ido cambiando conforme se han ido realizando diferentes estudios genéticos. Muratova realizó una primera subdivisión de la especie en dos subespecies, con *V. faba subsp. eufaba* con tres variedades (*major*, *equina* y *minor*) y la subespecie *paucijuga* (Muratova, 1931). Hanelt propone una nueva subdivisión con dos subespecies, *minor* en la cual se clasificarían como variedades a *minor* y subvariedades a *tenuis* y *paucijuga* y la subespecie *faba* con las variedades *equina* y *faba* (Hanelt, 1972). A partir de esta clasificación se realizó una posterior en la cual se mantiene la clasificación anterior aunque la subvariedad *paucijuga*

pasa a reclasificarse como subespecie, teniendo en total tres subespecies (Polhill & Van der Maesen, 1985). Las investigaciones más utilizadas actualmente ya no reclasifican a *Vicia faba* en subespecies, proponiendo 4 grupos de variedades (fig. 1.12) paucijuga, minor, equina y mayor (Cubero, 1973, 1974), grupos que se continúan utilizan en estudios genéticos más actuales (Cubero & Suso, 1981; Fouad et al., 2013; Maxted & Bennett, 2001).

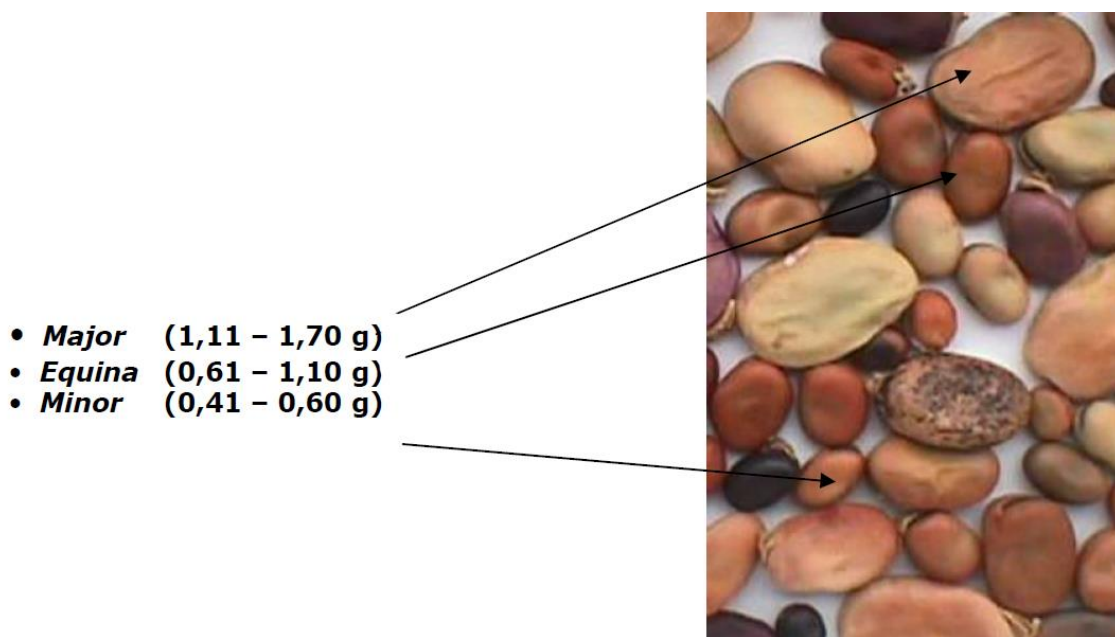


Fig. 1.12: Diferentes tipos de habas según a la variedad a la que pertenecen.
Fuente: Perea et al. 2015. Modificado

Otras especies del género *Vicia* que se han cultivado tradicionalmente en el Mediterráneo Occidental, pero de las cuales no tenemos evidencias arqueológicas son; *V. narbonensis*, *V. angustifolia*, *V. pannonica*, *V. cracca*, *V. monantha*, *V. villosa*, *V. dasycarpa*, *V. benghalensis*, *V. hirsuta* y *V. articulata*, todas ellas como forraje o como abono en verde (Castroviejo et al., 2005), siendo cultivos muy ocasionales y marginales.

1.2.6.1 Los yeros (*Vicia ervilia*)

Los yeros son una leguminosa diploide verdadera $2n=2x=14$, herbácea anual, esparcidamente pubescente, con tallos de hasta 45 cm, erectos. Su fruto es oblongo, con 2-4 semillas en cada uno (fig. 1.13). Estas son subtetraédricas, comprimidas y lisas (Castroviejo et al., 2005).

El cultivo de *Vicia ervilia* está extendido por toda Eurasia. Históricamente se cultivaba en toda la zona mediterránea y los Balcanes. Era especialmente común en España,

Marruecos, Italia, Grecia Chipre, Siria, Líbano y Palestina. Su área de cultivo se extiende hasta el Cáucaso y Afganistán. El cultivo de *V. ervilia* estaba muy extendido hasta la primera mitad del siglo XX, pero se ha convertido en un cultivo menor con la desaparición de los animales de tiro (Miller & Enneking, 2014). Actualmente España es uno de los países donde más se cultiva debido a las últimas exigencias de las Políticas Agrarias Comunes de la Unión Europea (Dirk Enneking & Tate, 2006). El yero puede ser perjudicial para el ganado si solo se alimenta de esta planta, especialmente en animales monogástricos, ya que contiene canavanina, un aminoácido no proteico análogo de la arginina. Entre sus efectos conocidos, quizás el más importante es su actuación como inhibidor del apetito en estos animales, pudiendo llegar incluso a la muerte. Para evitar esta intoxicación no se permite que los piensos tengan más de un 25% de esta leguminosa (Melero Bravo et al., 2003). Fuentes clásicas medievales y modernas evidencian el consumo humano de los yeros, especialmente en épocas de hambrunas, aunque ahora no se consuman (El Fatehi & Ater, 2017).



Figura 1.13: Planta y fruto de los yeros. Fuente: Nadal et al. 2009 Modificado

Los yeros se caracterizan por una rápida germinación y una baja dehiscencia. Es tolerante a la sequía y al frío, siendo un cultivo de secano, especialmente utilizado en tierras no muy fértiles, con cierta preferencia por suelos areno-arcillosos con un pH neutro o ligeramente básico. Se pueden sembrar desde octubre hasta marzo, pero para tener un alto rendimiento se recomienda no retrasarla más allá de finales de enero, mientras que su cosecha suele ser en junio (Melero Bravo et al., 2003).

Las semillas de los yeros aportan entre 240 y 385 Kcal, dependiendo de si el animal que las consume es capaz de asimilar todos sus nutrientes, con un 20% de proteínas, 66% de carbohidratos y un 1,4% de grasas (Vioque et al., 2020).

El yero es algo menos vulnerable a malas hierbas que las habas o los garbanzos (Enneking et al., 1995), aunque no es un buen competidor por lo que es necesario realizar controles sobre la presencia de estas hierbas y realizar los tratamientos ya explicados anteriormente, que en el caso tradicional son las técnicas de prevención, culturales y mecánicas, uno de las principales malas hierbas asociadas a los yeros son las especies del género *Orobanche* (Enneking et al., 1995). Las enfermedades causadas por hongos se dan especialmente por el género *Fusarium* siendo más probable cuando existe más humedad y calor, de nuevo las técnicas para controlar este tipo de plagas son las mismas que en las especies anteriores. Los insectos que más atacan a los yeros son el pulgón negro, aunque se han observado ataques de varios géneros de este insecto, como *Aphis* o *Acyrtosiphum* entre otros, que se alimentan de las partes aéreas de las plantas. Las semillas por su parte son atacadas por los gorgojos, en concreto a los yeros les ataca *Bruchus ulicis*, pudiendo realizar grandes pérdidas a las semillas una vez ya almacenadas (Meleró Bravo et al., 2003).

1.2.6.2 Las Habas (*Vicia faba*)

Las habas son una especie de leguminosa diploide verdadera $2n=2x=12$, herbácea anual de hasta 60 cm. Su fruto es lineal-oblongo, con 2-7 semillas en cada uno (fig. 1.14). Estas son lisas, con forma reniforme (Castroviejo et al., 2005).

Las habas en su conjunto ha sido una de las especies de leguminosas más cultivada en el viejo mundo junto a los guisantes, los garbanzos y las lentejas. Actualmente en el mundo su cultivo se encuentra por detrás de la soja y los cacahuetes, los cuales se cultivan principalmente para obtener aceites y no tanto como leguminosas de grano; y de las judías, los garbanzos y los guisantes; está muy igualado con las carillas y lentejas (De Ron, 2015). Los principales países productores son China, Etiopía, Gran Bretaña, Australia y Francia (Gérard Duc et al., 2015). Existe un sector de la población humana que no tiene la enzima glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G6PDH) de los eritrocitos, generando que una serie de sustancias, inocuas para la población general, sean tóxicas para esas personas, produciendo la hemólisis de sus glóbulos rojos, este hecho se denomina favismo (Romero Requena, 2007). El gen que codifica este enzima se encuentra en el cromosoma X, por lo que la enfermedad es mucho más frecuente en los hombres que en las mujeres. En algunas zonas del Mediterráneo, como Sicilia o Rodas, la incidencia entre la población masculina supera el 5 por mil (Romero Requena, 2007).



Figura 1.14: Flor del haba. Fuente Perea et al. 2015 Modificado

Su cultivo se realiza principalmente en climas templados, con mejores comportamientos en climas marítimos (como los mediterráneos) que en los continentales. Durante su floración no toleran las heladas, pero si en su crecimiento anterior, por lo que su siembra depende de si en la región se producen heladas primaverales; realizándose a finales de otoño o invierno en lugares con primaveras sin heladas (como en el Mediterráneo) o entre finales del invierno y comienzos de la primavera en las regiones donde si suceden. Aunque no necesitan mucha cantidad de agua, sí que son muy sensibles a su escasez, por lo que los cultivos de secano su producción depende mucho de la distribución y cantidad de las precipitaciones, por este motivo en las regiones áridas o semi-áridas su cultivo debe ser irrigado, pero al mismo tiempo tampoco es tolerante a las inundaciones. En general necesitan de cierta cantidad de precipitaciones o de irrigación sin que sea escasa o demasiado abundante y temperaturas templadas durante su floración, ya que las temperaturas superiores a 35° durante este proceso puede perjudicar su rendimiento (Jensen et al., 2010).

Las habas rara vez son el cultivo principal en un sistema agrario o se cultivan de forma continua en una misma tierra. Normalmente se utiliza para rotar cultivos, en especial con el trigo y la cebada en los lugares donde las precipitaciones son suficientes para su cultivo sin irrigación o con arroz, algodón, maíz o sorgo en los climas cálidos. Al cultivarse en muchos lugares de forma intensiva, se siembra junto a otras especies, aunque no mezcladas, como con cereales de regadío como el maíz o el arroz y algunas hortalizas como las patatas o el boniato. En Europa el cultivo mixto, es decir mezclado, entre habas

y cereales de secano es bastante común, especialmente cuando su uso es como forraje, ya que de esta forma las habas son menos atacadas por diferentes plagas y enfermedades. También puede cultivarse mezclada con almortas o vezas (Bond et al., 1985).

Los valores nutricionales medios de las habas frescas en 100 gramos aportan 65 kcal de energía; un 4,6% del total de las habas son proteínas, un 8,6% son carbohidratos y un 0,4% de grasas, la fibra es del 4,2%. Sin embargo, cuando las habas están secas estos valores aumentan hasta una media de 306 Kcal por 100 gramos además de un 26,1% de proteína que en ocasiones puede superar el 30%, un 33,3% de carbohidratos, un 2,1% de grasas y un 25% de fibra. También tienen altos valores de fósforo, hierro potasio y en menor medida de calcio y sodio (Gérard Duc et al., 2015).

Es sensible a las malas hierbas, pudiendo perder gran parte del cultivo, por lo que se suele prevenir en la aparición de estas a través de los métodos preventivos, culturales y mecánicos en la agricultura tradicional, especialmente eliminando las malas hierbas antes de que lleguen a desarrollarse y puedan generar nuevas semillas (Bond et al., 1985).

Las principales enfermedades fúngicas que atacan a las partes aéreas de las habas son la botritis, en particular la causada por *Botrytis fabae*, la rabia causada por *Ascochyta fabae*, la roya causada por *Uromyces viciae-fabae* y otras infecciones causadas por los hongos de los géneros *Uromyces*, o los que atacan a las raíces como *Fusarium* (Bond et al., 1985; Duc, 1997). De nuevo las medidas con las mismas que en los casos anteriores, evitar grandes cantidades de humedad, drenar los campos si hay un exceso de acumulación de agua y eliminar a los individuos infectados entre otras medidas.

Como en las leguminosas anteriores, uno de los insectos que más daños puede ocasionar a las partes aéreas de las plantas de habas es el pulgón negro (*Aphis fabae*), que debilita la planta deteniendo su crecimiento. Otra plaga es la generada por la sitonia (*Sitonia lineatus*) un escarabajo que se alimenta principalmente de las hojas de las habas, aunque a veces ataca a los nódulos de *Rhizobium*. El trip del guisante también ataca a las habas (*Kakothrips robustus*) afectando a las vainas y deformando las hojas (Perea et al., 2015). Otros insectos como los gorgojos atacan a la semilla una vez ya almacenada, como el *Bruchus pisorum*, el cual puede generar grandes pérdidas en las semillas almacenadas (Kumar & Patel, 2015). Los métodos tradicionales para controlar estas plagas son los ya mencionados en las otras especies: los culturales como la rotación de cultivos, la manipulación de la fecha de siembra o los cultivos mixtos entre otros (Mohapatra et al., 2015).

1.2.6.3 Vezas (*Vicia sativa*)

Las vezas son una leguminosa diploide verdadera $2n=2x=12$, herbácea anual, trepadora, con tallos de hasta 80 cm, erectos. Su fruto es linear-oblongo y comprimido, con 4-9 semillas en cada uno (fig. 1.15). Estas son oblongas-elipsoidales, ligeramente comprimidas, lisas y de color casi negro (Castroviejo et al., 2005).

Las vezas se han identificado tanto como malas hierbas como cultivos, ya que están presentes en las producciones de otras especies, pudiendo reducir su rendimiento. Su principal utilización ha sido esencialmente como planta forrajera, pero también hay evidencias de su consumo humano; sin embargo, su contenido en cianolanas la hace relativamente tóxica, recomendándose la lixiviación de esta proteína antes de su consumo humano o que no supere el 30% del total en la alimentación de algunos animales monogástricos, como las aves de corral (Peñaloza et al., 2006). Antes de la segunda guerra mundial se ha documentado su cultivo como legumbre en grano y forraje en Alemania, Austria, Bulgaria, Lituania y España, mientras que en Gran Bretaña, Hungría, Yugoslavia, Países Bajos y Suecia se cultivaba solo como forraje (Fischer, 1938). Aunque existen evidencias de su retroceso como cultivo desde la segunda guerra mundial, se cree que los registros que aparecen en la FAO pueden estar infrarrepresentados ya que en muchos países no se cuantifican este tipo de cultivos (Peñaloza et al., 2006).



Figura 1.15: Flor, planta y fruto de la veza. Fuente Modificado de Córdoba et al. 2016

Su cultivo se da principalmente en climas templados y mediterráneos, cultivándose actualmente en Norte América, Europa, los países de la antigua URSS, China, el Norte de África, Etiopía y Australia. No toleran bien las regiones áridas con precipitaciones menores a 350 mm, pero si son tolerantes a las temperaturas extremas una vez ya nacida la planta. Soportan mal la anegación de los terrenos y la salinidad de los cultivos (Nguyen

et al., 2020). Su siembra se puede realizar tanto en otoño como en primavera, como la mayoría de las leguminosas se cultiva en primavera en los lugares con inviernos muy fríos, mientras que en el resto de las regiones se puede realizar en ambos periodos. Normalmente se cultiva en secano, pero se han observado en algunas regiones cálidas de regadío su siembra justo después de la cosecha de los cereales para segarse en verde en enero como forraje, abonándose de esta forma el terreno y posibilitando un posterior cultivo de primavera con un suelo nitrogenado (Castroviejo et al., 2005).

Salvo para los casos en los que se cultiva como abono en verde o forraje verde temprano, se recomienda su cultivo mixto con cereales como la avena o la cebada o también con cereales y otras leguminosas, como ya se ha observado en la comuña en la cual también hay almortas (Franco Jubete, 1991). También tienen un gran uso como cultivos rotatorios, como el resto de leguminosas, para aumentar la nitrogenación de los suelos.

Cien gramos de vezas secas aportan de media 280 kcal de energía; un 25% del total de las vezas son proteínas, aunque no la totalidad puede ser asimilada por todos los animales; también tienen un 41% de carbohidratos y un 2% de grasas. Las vezas como forraje o heno aportan al ganado unas 140 Kcal de media, pudiendo asimilar una gran parte de las proteínas que estas plantas contienen (Córdoba et al., 2016).

Su implantación es lenta durante las primeras fases de cultivo, como las otras leguminosas, por lo que es mala compitiendo contra las malas hierbas. Se recomiendan los mismos pasos que en los casos anteriores, con técnicas de prevención, culturales y mecánicas. La veza como otras leguminosas de secano, no suelen tener problemas de enfermedades, pero cuando se producen altas temperaturas y humedad pueden darse infecciones fúngicas como ascoquita (*Ascochyta fabae*), botritis (*Botrytis fabae*), roya (*Uromyces viciae-fabae*) o mildiu (*Peronospora viciae*) (Córdoba. et al., 2016). Los insectos que pueden afectar a los cultivos de vezas son similares a los de las habas, con el pulgón y los gorgojos como principales plagas.

Taxón	Tipo de suelo	Clima	Precip.	Tipo de cultivo	Irrigación	Siembra	1	2	3
<i>Cicer arietinum</i>	Silíceo-arcillosas o limo-arcillosas sin yeso. Sensible salinidad	Todos los mediterráneos. Subtropicales áridos y húmedos	Resiste la aridez y la sequía	Principalmente seco	No es necesaria, pero aumenta su productividad	Febrero-Abril. Más tardía climas fríos	No	6 meses	Baja
<i>Lathyrus sativus</i>	Toleran suelos muy pobres y marginales	Climas mediterráneos y subtropicales.	Muy resistentes a las sequías y la aridez. Incluso por debajo de 250 mm	Secano	No	Otoño: sep-oct. Climas fríos: feb.-mar.	Si	200 días	Baja
<i>Lathyrus cicera</i>	Toleran suelos muy pobres y marginales	Climas mediterráneos y subtropicales. Resistentes al frío	Resiste la aridez y la sequía. Menos que <i>L. sativus</i>	Secano	No	Otoño: sep-oct. Climas fríos: feb.-mar.	No	200 días	Baja
<i>Lens culinaris</i>	Suelos neutros o alcalinos. Menor rendimiento en ácidos o salinos.	Climas mediterráneos y subtropicales.	Resisten la aridez hasta 250-300 mm.	Principalmente seco	No es necesaria, pero aumenta su productividad	Invierno o en Primavera	No	120-200 días	Baja
<i>Medicago sativa</i>	Suelos arenosos o arcillosos, no muy ácidos o salinos	Climas templados: mediterráneos o continentales	Tolerante a la sequía	Secano o Irrigado	No es necesaria, pero aumenta su productividad	Primavera	No	4-10 siegas anuales	
<i>Pisum sativum</i>	Suelos ligeros y de naturaleza silíceo-limosa	Climas templados	Secano en lugares no áridos	Secano o Irrigado	Si en variedades para consumo fresco. No para grano seco	Otoño (Si en invierno no se baja de -4°C). Feb-Mar	No	6 meses	Media
<i>Vicia ervilia</i>	Suelos no muy fértiles, arenos-arcillosos, pH neutro o ligeramente básico	Climas mediterráneos y continentalizados	Tolerante a la sequía	Secano	No	Oct-mar. Se recomienda hasta enero		6 meses	Media
<i>Vicia faba</i>	Suelos arcillosos o silíceos y arcillosos calizos	Climas templados, especialmente marítimos	Muy sensibles a la sequía, pero no necesitan mucha agua	Irrigado o seco	Si en la mayoría de las regiones mediterráneas	Otoño-invierno (si no hiela en primavera). Feb-Mar	No	3-5 meses	Baja
<i>Vicia sativa</i>	Se adapta bien a distintos tipos de suelos, aunque no muy salinos	Climas Templados	No tolan la aridez por debajo de 350 mm	Secano	No	Otoño o primavera	No	6 meses	Baja

Tabla 1.2: Resumen general de las propiedades de cada especie según todos los datos recopilados en esta sección

1.2.7 Otros Géneros

El género *Lupinus* tiene especies cultivadas del viejo mundo, con evidencias arqueológicas en el Próximo Oriente, el Egeo y la Península Balcánica (Zohary et al. 2012) pero no se han encontrado evidencias en el Mediterráneo Occidental.

Otra especie cultivada de la cual existen evidencias de su cultivo arqueológico en el suroeste de Asia durante la edad del Bronce es la alholva (*Trigonella foenum-graecum*), la cual también se ha cultivado tradicionalmente en el Mediterráneo Occidental

(Castroviejo et al., 2005), aunque no se han encontrado restos arqueológicos claros en nuestra área de estudio.

Varias especies del género *Trifolium* también se cultivan tradicionalmente de forma marginal, como forraje en algunos lugares del Mediterráneo Occidental. Arqueológicamente se han identificado algunas de estas semillas en nuestro marco de estudio, sin embargo, su identificación a nivel de especie es muy complicada, además de no existir diferencias entre los individuos cultivados y silvestres, pudiendo pertenecer a plantas tanto de un tipo como de otro.

1.3 Datos etnográficos sobre el cultivo de leguminosas

1.3.1 Ciclos de cultivo

La etnografía y las fuentes agronómicas tradicionales describen una serie de tipos de cultivo según el ciclo en el cual se renuevan o dejan de cultivarse. Uno de los tipos más característicos son los de ciclo largo, en los cuales se cultiva durante una serie de cosechas a lo largo de 6-8 años, abandonándose después durante otro ciclo largo de varios años y volviéndose a cultivar de nuevo. Este hecho se produce por la disminución de la fertilidad y la consecuente producción del terreno después de una prolongada explotación, necesitando un tiempo de regeneración antes de volver a cultivarlo. Son más fácilmente aplicables en bosques densos (Sigaut, 1975), escasos en nuestra área de estudio. En ocasiones, en terrenos en los cuales en algún momento se ha practicado este tipo de cultivo, pueden convertirse en campos agrícolas permanentes posteriormente. Dentro de este tipo de cultivos se encuentra el sistema de rozas como uno de los más característicos.

Los ciclos cortos para recuperar la fertilidad del suelo se realizan cuando hay una explotación estable del terreno, ya que, a diferencia del caso anterior, aunque no se cultiven durante un tiempo, el campo se trabaja para mejorar la recuperación de la fertilidad del suelo. Estos terrenos; que no se cultivan, pero sí se trabajan; son los denominados barbechos (figura 1.16), los cuales no deben confundirse con los terrenos abandonados o yermos. La alternancia entre cultivo y barbecho aporta ciertas ventajas como recuperar la fertilidad del suelo, mantener la humedad, además de no permitir la regeneración de arbustos. El problema que genera este sistema es la reducción de una parte de la extensión general de los cultivos, además de la necesidad del uso del arado para gestionar estos ciclos, por lo que aumenta la presencia del ganado y sus necesidades alimentarias. Para maximizar el rendimiento existen dos posibilidades; la primera son los ciclos cortos de barbecho, en los cuales no se permite el crecimiento profundo de las raíces de las plantas adventicias al no quedarse mucho tiempo sin cultivar; sin embargo, necesitaría abonarse al reducirse este tiempo. En la segunda opción el tiempo de barbecho se alarga, manteniéndolo como terreno de pastoreo y minimizando el trabajo de labrado (Alonso, 1999). Los primeros se utilizarían en el caso de los campos con las mejores tierras, mientras que el segundo se aplicaría en suelos más pobres y con menor

rendimiento agrícola (Wailes, 1972). El modelo más común de barbecho es el de ciclo bianual, con un año de cultivo y otro de barbecho, hecho extendido en el mundo griego y etrusco (Jardé, 1979a, Alonso 1999). Incluso algunos autores lo consideran la forma habitual del cultivo de los cereales de invierno, ya que el tiempo que se necesitaría entre la cosecha y la preparación para la siguiente siembra sería mayor que el disponible. Por lo tanto no habría tiempo de cosechar, preparar y sembrar un mismo campo después de la anterior, necesitando campos que anteriormente estuviesen en barbecho (Sigaut, 1988). Con los datos disponibles, se ha establecido que el modelo de barbecho de ciclo bianual estricto se desarrolle ya en la Primera Edad del Hierro (Jardé, 1979a), pero en periodos anteriores muy probablemente se estén realizando algún tipo de ciclos cortos, hecho que se evidenciaría por la presencia del arado (Alonso, 1999).



Figura 1.16: Campo en barbecho. Fuente: <https://elabcrural.com/>

Otro tipo de ciclo agrícola es la rotación de cultivos (figura 1.17), con el cual se obtiene una intensificación y aprovechamiento más elevado de los recursos. En este sistema se intercambian cultivos de ciclo largo, como los cereales de invierno, con otros cultivos de ciclos más cortos, como las leguminosas o los cereales de primavera. El sistema de cultivo más famoso y discutido es el trienal en el cual se alternan un primer cultivo de un cereal de invierno, seguido por un cultivo de primavera, ya sean cereales de primavera, leguminosas o forrajes y finalmente por un año de barbecho (Alonso, 1999). Sin embargo, este tipo de rotación es bastante controvertido ya que algunos prehistoriadores consideran que desde el Neolítico podrían conocerse los beneficios de las leguminosas, pudiendo existir estas rotaciones (Bernabeu & Martí, 1992; Dennell, 1978; Marínval, 1988). Otros autores consideran que ni siquiera los romanos realizaban sistemas de rotación de cultivos

de forma regular y habitual como en la Edad Media (Mossé, 1980; White, 1973) o incluso moderna (Sigaut, 1988). Sea de forma regular y rigurosa o no, sí que parece que tanto romanos y griegos conocían las propiedades de las leguminosas como regeneradoras del suelo, además de describirse alternancias de cultivos o sembrar leguminosas en el barbecho para facilitar la recuperación de la fertilidad del suelo, mezclando el forraje con el suelo para mejorar este hecho. A comienzos del siglo XX, con el gran aumento de la población en diferentes pueblos de Grecia, se ha documentado a través de fuentes orales como el barbecho bienal poco a poco fue desplazado por la rotación de cereal de invierno con leguminosas forrajeras, como los yeros o las almortas debido a la necesidad de mayor producción (Paul Halstead, 2014).

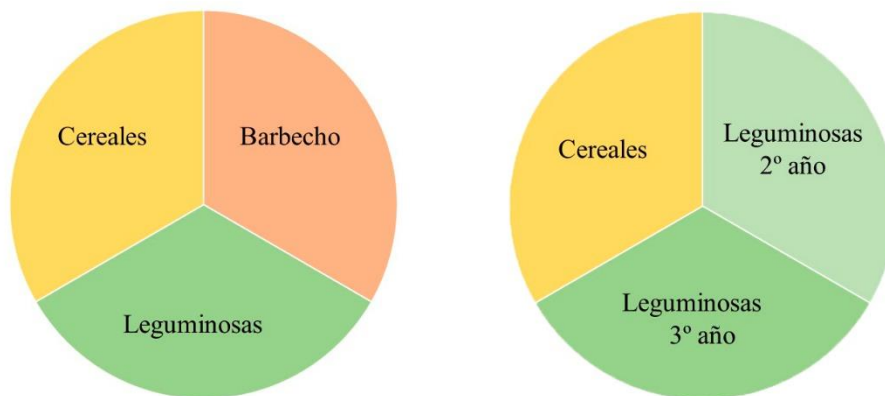


Figura 1.17: Rotación de cultivos tradicional y rotación de cultivos observada por Sarpaky 1992 y Halstead 2014 en diferentes regiones de Grecia

La etnografía nos muestra como uno de los primeros pasos para realizar el tratamiento antes de la siembra depende del calendario del cultivo anterior, la disponibilidad de mano de obra, del equipo disponible, el clima y el tipo de suelo que se va a trabajar. Normalmente las leguminosas se cultivan después de algún cereal o barbecho, pastoreándose los rastrojos antes de labrar las malas hierbas y los restos del cultivo anterior. El momento de la labranza depende de cuándo se produzcan las lluvias; en nuestra área de estudio, con clima mediterráneo y lluvias otoñales, se suele realizar tras las primeras lluvias de esta estación ya que así comienzan a germinar las semillas de especies adventicias, destruyéndolas con la labranza (Butler 1992). Por ejemplo, en el oeste y sur de Turquía se realizan dos labranzas a finales del verano o al comienzo del otoño para sembrar posteriormente lentejas en seco. En regiones en que el suelo se puede erosionar, se labra con un arado grueso que deje grandes terrones en el suelo evitando la pérdida de suelo o incluso dejando el rastrojo de la cosecha anterior (Harris & Pala, 1987). En Etiopía se ha observado como las tierras de peor calidad y más

propensas a erosionarse se suelen dedicar al cultivo de algunas leguminosas como los guisantes y las habas, pero cuando hay falta de lluvias cultivan almortas (Butler et al., 1997). También en las explotaciones de pequeño tamaño rara vez es posible realizar el barbecho y la fertilidad se mantiene generalmente mediante la rotación de cultivos, con proporciones de un año de legumbres por tres o cuatro de cereales (Butler, 2002b). En estudios etnográficos realizados en la isla griega de Amorgos, se describió como la tierra más propensa a la sequía era destinada para cultivos de leguminosas de forraje, como las vezas o los guisantes forrajeros, sin embargo, los guisantes y las lentejas destinadas para el consumo humano sí que se cultivaban en estas tierras más fértiles y con mayor grado de humedad. También se observó como la mayoría de terrenos se alternaban entre cereales y leguminosas, sustituyéndose en ocasiones el barbecho por dos cosechas de estas últimas (Paul Halstead, 2014).

1.3.2 Siembra de leguminosas

Las fuentes etnográficas recogen diferente información sobre la mejor época del ciclo agrícola para realizar la siembra tradicional de leguminosas en diferentes regiones del viejo mundo. En general, en todos los casos en la cuenca mediterránea se realiza desde comienzos del otoño, en septiembre a comienzos de la primavera, en marzo.

En el caso de las lentejas se recomienda su cultivo temprano, entre finales de octubre y noviembre en regiones como Grecia o Turquía (Jones, 1983) y en diciembre o enero en regiones más áridas como Jordania o Siria (El-Matt, 1979; Saxena, 1979). De esta forma se consigue optimizar las lluvias de la mejor forma posible, consiguiendo rendimientos el doble de altos que los cultivos sembrados en primavera, incluso estando en seco (Butler, 1992). Sin embargo, en regiones con inviernos fríos el rendimiento aumenta considerablemente si se siembran en primavera, evitando las heladas invernales que pueden causar grandes pérdidas (Harris, 1979, Butler, 1992). Los guisantes son otra especie que se suele cultivar preferiblemente en otoño en el Mediterráneo, pero en este caso se debe a su sensibilidad a las altas temperaturas y poca tolerancia a la sequía (Warkentin et al., 2015), aprovechando de esta forma la humedad del suelo invernal y las lluvias de otoño (Butler, 1992). Las almortas es otra especie que es más recomendable sembrarla en otoño o comienzos de invierno, aunque en lugares con inviernos fríos se puede realizar en primavera (Nadal Moyano et al., 2020), como sucede en el norte de la Península Ibérica, recomendándose su siembra de enero a marzo (Peña Chocarro & Zapata, 1999); mientras que en Etiopía se ha documentado su siembra en verano o principios de otoño (Butler et al., 1997), aunque su clima y horas de luz es muy diferente a la del Mediterráneo, no siendo muy útil este dato para nuestro estudio. Los titarros aguantan mejor el frío pudiéndose cultivar en otoño o invierno en prácticamente toda el área mediterránea, independientemente de las heladas invernales (Franco Jubete, 1991). Los yeros, aunque se pueden sembrar en los meses descritos como generales en las leguminosas al aguantar bien el frío, no se recomienda que se realice más tarde de enero

para mejorar su rendimiento (Melero Bravo et al., 2003) hecho que ya se describe en la obra de Columela.

Sin embargo, otras especies se siembran preferiblemente en primavera para evitar otro tipo de pérdidas, como los garbanzos, los cuales ya vimos son muy propensos al ataque de hongos del género *Ascochyta* (Singh et al., 2007), sembrándose en marzo ya que las pérdidas por un cultivo más tardío son menores que las ocasionadas por este hongo (Butler, 1992). Las habas, al tener unas necesidades hídricas más altas, se deben sembrar en primavera en los lugares donde las precipitaciones otoñales e invernales son escasas y en secano, como en Asia central (Butler, 1992), aunque en la mayoría de los casos se recomienda su irrigación; durante su floración no toleran las heladas, pero si en su crecimiento anterior, por lo que si en la región se producen heladas primaverales se siembra entre finales del invierno y comienzos de la primavera; realizándose a finales de otoño o invierno en lugares con primaveras sin heladas (Jensen et al., 2010). En algunas regiones de Grecia se describe que los guisantes y las habas sembrados en primavera debían recogerse verdes, ya que la llegada de la sequía estival impide su maduración, aunque no es una dinámica general (Halstead, 2014). En estos trabajos etnográficos también se señala como las legumbres eran menos importante que el trigo, por lo que a veces su siembra se ajustaba para evitar conflictos con este cultivo principal. Curiosamente en el estudio realizado por Halstead (2014) sobre información etnográfica en diferentes regiones el Mediterráneo, observó cómo la desigualdad en la propiedad de la tierra y en el acceso a los animales de trabajo afectaba al momento de la labranza y la siembra, teniendo que retrasarlas si no disponían en ese momento de las herramientas o la mano de obra y no por los motivos anteriormente señalados.

Los datos etnográficos referencian principalmente tres modelos de siembra para las leguminosas. El que genera una distribución más uniforme y precisa además de necesitar menos cantidad de simiente es la colocación manual de una o varias semillas en agujeros preparados a lo largo de caballones (Butler, 1992), sin embargo, necesita más tiempo (figura 5.15). En un modelo intermedio de siembra, se abre un surco en el cual se colocan las semillas (Halstead, 2014), utilizando la tierra extraída del mismo para cubrir las posteriormente con una pasada del arado (Butler, 1992); este sistema es muy útil para el escardado posterior, ya que todas las especies cultivadas se encuentran en una misma hilera. Estos dos sistemas son los más habituales en cultivos de verano, como los garbanzos, los cuales necesitan un escardado más constante (Halstead, 2014). También son más utilizados para los cultivos de legumbres a pequeña escala, como en el caso de Tharounia, en Eubea (Jones et al., 1999), en donde la siembra de pequeñas parcelas de hasta 34 m² se realiza con azada, mientras que en parcelas de hasta 1.000-2.000 m² la siembra se produce en hilera con arado. Por otro lado, estos dos sistemas de siembra son más comunes en las legumbres de mayor tamaño, como en las variedades más grandes de guisantes, garbanzos, y las habas (Butler 1992). El último sistema de siembra utilizado es el de voleo, el más rápido pero el que mayores pérdidas tiene de simiente En el oeste de Asia y en la mayor parte del subcontinente indio, la siembra al voleo va seguida de un arado ligero o rastrillado; sin embargo, se sabe que esto produce rodales irregulares debido a la irregularidad de la cubierta del suelo. En algunas regiones como en

Bangladesh se ha documentado la siembra sin cubrir a pesar de las grandes pérdidas ocasionadas por las aves. Este método es el más utilizado para semillas de pequeño tamaño como lentejas, las vezas, las especies pequeñas de *Lathyrus* y las variedades más pequeñas de guisantes y garbanzos, aunque no siempre tiene por que realizarse por voleo (Butler 1992).

En regiones en donde la humedad del suelo es muy baja o con pocas precipitaciones, se puede remojar las semillas antes de la siembra para fomentar su germinación. Otra medida es sembrarlas a una profundidad en la que el suelo aún está húmedo, lo que requiere plantaciones de diez a veinticinco centímetros de profundidad (Papendick et al., 1988; Smithson et al., 1985), aunque a partir de cierta cota las especies pierden capacidad para germinar, como los guisantes o las lentejas, únicas especies de nuestra área de estudio analizadas, las cuales empiezan a perder considerablemente la capacidad de germinación a unos 25 cm (Kluyver et al., 2013). En las fuentes clásicas, Plinio describe diferentes métodos para mejorar el rendimiento y la germinación de las leguminosas, como rociar las semillas con vino para prevenir enfermedades, mientras que Virgilio recomienda rociar las habas con nitro y alpechín, el líquido oscuro de sabor amargo que resulta del prensado de las olivas; otro método es dejarlas macerar tres días en orina para que crezcan más.

1.3.3 Cultivos mixtos de leguminosas con otras especies

Hay que diferenciar entre los cultivos mixtos y los múltiples (tabla 1.3). Estos segundos consisten en sembrar un cultivo inmediatamente después de otro, obteniendo de esta forma dos cosechas diferentes en una temporada (Butler, 1999). Las leguminosas al tener un ciclo corto y nitrogenar el suelo son especialmente comunes en este tipo de cultivos. Por ejemplo, en Etiopía las lentejas se siembran inmediatamente después del trigo o la cebada, permitiendo volver a sembrar estos cereales en el momento justo para obtener otra cosecha; también se han observado cultivos de garbanzos seguidos de almortas en esta misma región. En la India y Pakistán es común sembrar lentejas después del maíz o sorgo aprovechando la humedad retenida en el suelo (Butler, 1990).

Sistema de cultivo	Definición
Monocultivo (Monoculture)	Un mismo cultivo de una sola especie en el mismo campo durante sucesivos años
Monocultivo anual (Monocropping)	Un cultivo de una sola especie en un campo, aunque solo durante una temporada
Cultivo múltiple	Dos o más cultivos en mismo campo en el mismo año, ya sea de forma simultánea o secuencial
Cultivo secuencial	Más de un cultivo en un mismo campo de forma secuencial
Cultivo intercalado	Dos o más cultivos simultáneos en un campo, aunque no mezclados
Cultivo mixto	Cultivos simultáneos mezclados de forma aleatoria

Tabla 1.3: Tipos de cultivos descritos por Butler 1990. Modificado

Los cultivos mixtos son en los cuales las semillas de varias especies se han sembrado mezcladas de forma aleatoria, por lo que ambas especies crecen por todo el campo de cultivo sin estar separadas entre ellas. Actualmente se encuentran vinculados a la arboricultura, aprovechando los surcos entre los diferentes árboles y para las especies anuales forrajeras, como en los olivos de Creta (Halstead, 2014), aunque existen también cultivos de cereales mezclados con leguminosas destinados para el consumo humano. En la India se ha documentado un sistema algo intermedio entre un cultivo secuencial y mixto, en el cual pocos días antes de la cosecha de arroz se siembran lentejas o almortas por voleo en el mismo campo, utilizando de esta forma la humedad existente en el lugar para la germinación de las leguminosas (Saxena, 1981; Butler, 1992). En esta región se ha desarrollado un sistema más complejo por el cual se siembran por voleo varias especies forrajeras mezcladas, al madurar a diferentes ritmos se requiere una recolección manual individual de cada especie, separándolas durante este proceso (Butler, 1990); aunque es algo similar a la comuña documentada en Castilla y León, en este caso la cosecha se hace en conjunto para un forraje posterior, el cual puede tener diferentes grados de maduración (Franco Jubete, 1991).

Otras prácticas más similares a las que podrían darse en el Mediterráneo Occidental durante la protohistoria son las observadas en el suroeste de Asia, cultivándose conjuntamente habas y cebadas, cosechándose ambas por separado, la cebada se puede hacer antes que las cebadas, en verde, con hoz o posteriormente, mientras que las vainas de las habas se recolectan a mano, utilizándose todo el restrojo para un posterior pastoreo. En Afganistán se han observado como los guisantes, las almortas y las cebadas se cultivan en conjunto para posteriormente utilizarse como forraje (Butler, 1992). Otros cultivos mixtos se han observado en Etiopía entre guisantes y habas, aunque tienen el mismo ciclo de maduración durante la cosecha se separan y se trillan por separado.

La etnografía en diferentes regiones del Mediterráneo Occidental ha documentado cultivos mixtos de trigo con leguminosas (Halstead, 2014; Jones et al., 1999), mientras que en la Península Ibérica se ha observado como en ocasiones se cultivan habas o guisantes en los bordes de los campos de cereales para minimizar el daño del viento en estos cultivos, cosechándose posteriormente por separado para consumo humano (Peña-Chocarro, 1995). En general, los cultivos mixtos observados en el área mediterránea están pensados como forraje (figura 5.16), no necesitando de esta forma una cosecha diferenciada para cada especie (Butler, 1999). Un ejemplo de este tipo es el sistema de cultivo denominado método siciliano, el cual consiste en una mezcla de vezas, guisantes y habas para alimentar al ganado en invierno (Cubero, 1983). Algo similar a la comuña, aunque sin cereales, la cual está compuesta por yeros, almortas vezas y cebada vestida (Franco Jubete, 1991). Una mezcla de dos leguminosas forrajeras se ha documentado en la isla de Amorgos, con almortas y vezas, la primera porque le gusta más al ganado y la segunda por ser más productiva y tolerante a los insectos; también en Grecia, en la isla de Citera, se cultivaban habas y garbanzos, permitiendo a los primeros crecer sujetándose a estas primeras plantas (Paul Halstead, 2014).

En general este tipo de cultivos se encuentra muy extendido en los sistemas agrícolas tradicionales, ya que aportan una serie de ventajas que han quedado recogidas en los trabajos de Ann Butler (Butler, 1999). Las más significativas son una intensificación de la producción, una reducción del riesgo de pérdidas, la producción de forrajes equilibrados para el ganado, el aumento de la fertilidad del suelo al utilizarse leguminosas, mayor control de las plantas adventicias, y protección ante el viento y la erosión de los cultivos. Por último, una de las ventajas que presentan es una menor dedicación de mano de obra durante su cultivo, ya que no suelen necesitar ser escardados al desarrollarse este tipo de mezclas, aunque si es necesario una mayor inversión de mano de obra durante su cosecha al realizarse a mano. Algunos autores (Butler 1992, Rassam & Tully, 1986) consideran a través de la etnografía que este tipo de labor podría haberse realizado por mujeres, siendo una práctica más común cuando existía un excedente de mano de obra femenina.

1.3.4 Escardado y otros tratamientos

Las leguminosas son muy malas competidoras con las plantas adventicias, los datos agronómicos recopilados en el capítulo 1.2 nos muestran como la baja altura de algunas especies y su poca competencia hace que en ocasiones las pérdidas por este motivo sean muy altas en los diferentes cultivos. Una de las principales formas de eliminar estas malas hierbas son las formas mecánicas, que junto con la prevención y las culturales son las que se podrían desarrollar en una agricultura tradicional. Dentro de estas últimas está el retraso de la siembra para evitar el crecimiento de plantas adventicias, aunque también se pierde la humedad de las lluvias de otoño y parte de la primavera. Otra forma para evitar este tipo de competencia es la rotación de cultivos y el barbecho, disminuyendo de esta forma las herbáceas no deseadas a través de la labranza de los campos. Como métodos preventivos se describen a las formas en las cuales se evita que estas plantas adventicias entren en los campos de cultivo. Por último, la forma más detallada por la etnografía son los métodos mecánicos, es decir la extracción o eliminación de este tipo de plantas.

El escardado de las leguminosas de mayor tamaño, normalmente sembradas en hileras, como hemos visto anteriormente, permiten una mejor gestión de las plantas adventicias, especialmente cuando se están cultivando en los huertos de irrigación, permitiendo la escarda con azada en estos casos, ya que las plantas adventicias crecerán únicamente fuera de los surcos, no existiendo grandes posibilidades de dañar a la especie cultivada. En los cultivos sembrados por voleo la escarda de tipo manual es mucho más común y efectiva. En Grecia, se realizaba entre marzo y mayo y se interrumpía cuando el suelo se volvía demasiado duro para arrancarlo o (en los cereales) cuando salía la espiga. En el norte de Jordania, donde la maduración es más temprana, la escarda manual se realiza entre enero y marzo (Palmer, 1999). En los cultivos sembrados a voleo, el desbroce se realizaba tanto a mano como con una hoz o cuchillo. Las malas hierbas arrancadas o cortadas eran consumidas por la familia (en forma de verduras hervidas), su ganado (normalmente

frescas) o se dejaban en el borde del campo para que se marchitaran. En el caso de las leguminosas algunos cultivos de especies destinadas para el ganado no se escardaban, como las vezas, ya que no merecía la pena la inversión de tiempo, aunque sí era una práctica común en las habas, guisantes y garbanzos. En Creta sí se ha documentado que todas las leguminosas se escardaban, aunque las forrajeras recibían mucha menos atención que los cereales o las otras leguminosas (Paul Halstead, 2014).

1.3.5 Irrigación de leguminosas

Anteriormente se ha descrito como las especies de leguminosas tienen diferentes necesidades hídricas y especificidades agronómicas diferentes y comunes entre ellas. Es conveniente en este aspecto no englobar a todas ellas en las mismas posibles formas de cultivo, ya que puede llevar a generalidades inexactas en las interpretaciones. Con los datos agronómicos del capítulo uno, podemos observar como hay dos especies que no resisten bien las sequías y normalmente necesitan un aporte hídrico extra si las precipitaciones no son lo suficientemente altas durante las primeras semanas de su crecimiento. La especie con menor tolerancia a la sequía es el haba, necesitando un aporte hídrico en la mayoría de los climas mediterráneos si se quiere obtener una cosecha productiva. La otra especie es el guisante, dentro de la cual, las variedades de cultivos de huerto, especialmente seleccionadas para su consumo fresco, son también poco tolerantes a la sequía durante su crecimiento, más o menos similar a las habas; sin embargo, las variedades de guisantes forrajeros sí que son más tolerantes a las sequías, aunque no tanto como el resto de leguminosas forrajeras.

Los datos etnográficos han llevado a pensar a varios autores que la mayoría de los cultivos de legumbres de zonas templadas cálidas se cultivan en régimen de secano, considerando que el riego no es una práctica habitual para las leguminosas (Papendick et al., 1988; Nassib et al., 1988). Otros investigadores también comparten esta premisa, aunque observan como en algunas regiones secas, sí que existen largas tradiciones de riego en las leguminosas (Butler 1992). También a través de la etnografía se ha descrito como las habas, al tener una necesidad de agua relativamente alta, en Asia central necesitan ser irrigadas incluso cuando se siembran en invierno. También en Egipto, lugar donde se cultivan en grandes cantidades, su irrigación se realiza siempre para obtener una cierta productividad (Butler, 1990).

En Grecia se documenta como algunas legumbres se suelen cultivar en huertos o campos irrigados, pero no así los cereales. En diferentes islas de Grecia, además de otras áreas del Mediterráneo, se cultivaban pequeños huertos en los patios traseros y en lugares algo más alejados, con suelos ligeros y accesibles al agua, donde se producen diferentes hortalizas para consumo doméstico. A menudo, estos huertos contienen algunas hileras de legumbres (habas o guisantes). Algunos huertos localizados en Tharounia, en la isla de Eubea tienen pozos, con los cuales irrigan principalmente las hortalizas de verano, encontrando también en ellos habas y guisantes. Estas legumbres de invierno completan en gran medida su crecimiento antes de la sequía estival, pero algunos aldeanos las riegan

en marzo-abril si las lluvias parecen insuficientes para la floración o el desarrollo de las semillas (Paul Halstead, 2014). Para evitar su cultivo en huertos, lo que implicaba más esfuerzo y mano de obra algunos agricultores de Grecia y Asturias relatan cómo se sembraban algunas habas sueltas entre los trigos, la cebada o la veza para evitar su cultivo intensivo, obteniendo baja productividad, pero prácticamente sin inversión de mano de obra (Paul Halstead, 2014).

1.3.6 Cosecha de leguminosas

Para poder establecer las posibles formas de cosechar las leguminosas durante nuestro marco de estudio, es importante consultar las fuentes etnográficas sobre cómo se realizaba este trabajo. Como en los casos anteriores, vamos a basarnos en dos autores que tratan en profundidad la etnografía, Anne Butler, la cual se ha centrado concretamente en las leguminosas, mientras que Paul Haslthead ha realizado una recopilación intensiva de la información de este tipo en el Mediterráneo a nivel general, utilizando en nuestro trabajo las referencias a las leguminosas.

Como ya hemos visto, en las sociedades productoras tradicionales del Mediterráneo, las leguminosas se siembran en rotación con cereales, mayoritariamente de forma separada si su destino es la alimentación humana o mezcladas entre ellas y con cereales si su finalidad es el forraje; aunque no siempre tiene porque realizarse de esta forma.

Para minimizar el desprendimiento de las leguminosas de grano durante la cosecha, se ha observado como en diferentes lugares de Grecia se realizaba a primera hora de la mañana y, ocasionalmente, al atardecer, cuando las vainas de las legumbres estaban menos secas y quebradizas que al mediodía. A pesar de los problemas que puede generar una cosecha de leguminosas muy madura, en ocasiones las limitaciones de la mano de obra hacían que algunos campos se cosecharan tardíamente, sin embargo, en Grecia se ha observado como los yeros se puede recoger más tarde y muy secos, lo que sugiere que sus semillas se desprenden de la vaina con menos facilidad que las lentejas, que estas son cosechadas algo verdes, para evitar la pérdida por la rotura de las vainas (Halstead, 2014).

Tanto Halstead, como Butler, Jones y Hilman (Jones, 1983, 1984; Hillman, 1984, 1985; Butler, 1990, 1992; Halstead, 2014) han registrado como en las sociedades agrícolas tradicionales de Asia occidental y en algunas zonas del sur de Europa la recolección de legumbres de grano se sigue practicando en gran parte a mano (figura 1.18), arrancando la planta entera, de esta forma no se pierde tiempo recogiendo las vainas de una en una y se conserva el resto como forraje, más apreciado que la paja de los cereales. Palmer (1999) también describe que las legumbres cosechadas para obtener grano seco se recolectaban como plantas enteras, en parte también porque las vainas están distribuidas más ampliamente que las espigas en las plantas de cereales, y por lo tanto son difíciles de recolectar selectivamente, y en parte porque la paja era más valorada como forraje que la paja de los cereales. También se ha documentado la cosecha con una hoz o con una

guadaña; en todos los casos, segaban la cosecha a baja altura, porque necesitaban la paja como forraje para sus mulas y vacas. Dentro de lo posible, especialmente cuando se cosecha arrancando la planta se intenta dejar las malas hierbas de pie para no juntarlas con la cosecha. En general los estudios etnográficos recogen como la técnica del arrancado de la planta entera era la norma para los yeros, el corte con hoz o "guadaña" era habitual para la veza, y el método para las lentejas y los guisantes variaba, al menos en parte, en función de la densidad del cultivo ya que a más densidad más recomendable es el uso de hoz o guadaña. El haba, es una leguminosa especialmente alta y robusta, ejemplificando muy bien la flexibilidad existente en el método de siega de estas especies: en varias partes de Grecia, se arrancaba cuando los tallos no cedían fácilmente a la hoz, pero se cortaba cuando las grandes raíces dificultaban el arranque manual. El desarraigo es normalmente más lento que la siega con hoz, de hecho, en el norte de Grecia, la disponibilidad de mano de obra para la tarea de desarraigar las legumbres era a menudo el factor que limitaba la superficie sembrada de lentejas y yeros (Butler, 1992; Halstead, 2014; Hillman, 1984; Jones 1983). Las leguminosas arrancadas a mano a menudo tienen suciedad y piedrecillas adherida a las raíces, por este motivo, al menos de los cultivos para consumo humano, las raíces sucias se golpeaban contra piedras, sobre la rodilla del cosechador, o sobre la base de la hoja de la hoz (Hillman, 1984, Halstead 2014).



Figura 1.18. Cosecha de alubias arrancando la planta en Castilla y León. Fuente: agronewscastillayleon.com

Una vez segadas las leguminosas de grano, se acumulan en pequeños montones distribuidos regularmente por el campo, con el peso de piedras en las regiones ventosas, y se deja secar. El proceso de secado en las leguminosas es importante, ya que se suelen cosechar algo verdes para evitar la pérdida por la dispersión de las semillas al romperse las vainas. Se dejan secar durante uno o dos días antes de ser transportada a las eras. El transporte supone un nuevo riesgo de desprendimiento del grano maduro, por lo que las legumbres sólo se transportan al principio y al final del día, cuando el sol estaba bajo (Butler, 1990, 1992). Para elegir el mejor momento de cosecha de las leguminosas hay que llegar a un equilibrio entre la madurez de la mayoría de las vainas y sus semillas, y un cierto verdor de la mayor parte de las plantas, más o menos cuando el contenido de humedad es todavía de alrededor del 30 % (Haddad et al., 1988) o cuando alrededor del 60 % de las vainas son de color marrón dorado o las hojas son amarillas (Lal, 1985). A pesar de esta elección, puede perderse hasta una cuarta parte de la producción por la rotura de las vainas (Butler, 1992).

Hay que tener en cuenta que tanto los cereales como las legumbres pueden cortarse o pastorearse mucho antes de que la semilla se llene, pudiendo estar incluso en estado vegetativo, siendo en este caso el proceso de cosecha diferente, utilizándose hoces o guadañas para ello y no teniendo el problema de la pérdida de semillas ni la necesidad de trillar posteriormente esta cosecha. Este tipo es muy habitual en los cultivos mixtos de leguminosas y cereales ya destinados a utilizarse como forraje, en concreto como heno, ya que es recomendable que el ganado consuma forraje fresco además del seco. La cosecha de leguminosas que no se consume y se utilizan como abono en verde también se siega de esta forma, no siendo necesario todo el proceso posterior, ya que una vez cortadas se mezclan con la tierra del campo para fertilizarlo. Otra forma de recolectar las leguminosas se realiza cuando sus granos ya están llenos pero no maduros, este método de cosecha está especialmente extendida en el caso de las habas y los guisantes, que se consumen como vegetación verde, aunque en ocasiones también se ha registrado el consumo de vainas verdes de garbanzos (Paul Halstead, 2014) o almortas (Franco Jubete, 1991; Peña-Chocarro & Zapata, 1999). Para realizarla se recogen las vainas de una en una, seleccionándolas en el momento exacto que se quieren consumir, permitiendo que la temporada de consumo dure más, ya que en estas plantas no todas las vainas maduran a la vez, además de que las semillas o vainas frescas no pueden separarse del resto de la planta mediante la trilla. Este proceso es lento y requiere mano de obra, sembrándose pocas extensiones de terreno para este tipo de producción (Paul Halstead, 2014).

Halstead, en su obra recopilatoria sobre etnografía de la agricultura en el Mediterráneo (2014) recoge el esquema que observa sobre el momento de la cosecha de cada especie, que a pesar de realizarse en diferentes meses, el orden se puede aplicar a toda el área Mediterránea, siendo más o menos la siguiente ejecución, comenzando en primavera y alargándose hasta finales del verano o comienzos de otoño: legumbres sembradas en otoño/invierno → cebada → trigo panadero/duro → avena → cultivos de verano (incluyendo mijo, maíz, garbanzo, habas, judías etc.). En las tierras bajas mediterráneas

donde el período de inactividad invernal suele ser más corto, el suministro de forraje de invierno suele depender más de los cereales y legumbres sembrados, que se cortan antes de que produzcan grano maduro y, por tanto, son demasiado tempranos para coincidir con la secuencia de cosechas de los cultivos de grano.

Uno de los problemas observados en las leguminosas es que debido a su tipo de cosecha es necesaria mucha más mano de obra para cultivarlas a gran escala, como se hace con algunos cereales, mientras que el tiempo invertido para la cosecha a pequeña escala es menor. En la etnografía se recoge cómo las leguminosas se suelen cultivar para un ámbito doméstico, tanto humano como para el ganado. Por otro lado, para generar excedentes para el comercio, las exigencias de mano de obra de la siega fomentan en gran medida la utilización de los cereales para estos intercambios. Los agricultores cuya producción está dirigida al consumo doméstico, pueden cultivar una amplia gama de cereales y legumbres (Halstead & Jones, 1989) con diferentes tiempos de maduración y cosecha, minimizando el impacto de malas cosechas y de posibles hambrunas al tener una mayor cantidad de especies, sin embargo, este tipo de estrategia de cultivos genera menos cantidad de grano para comerciar, siendo una estrategia más característica de los modelos productivos denominados de subsistencia.

A través de la etnografía se han estimado los tiempos que tardan en cosecharse ciertas especies. Las habas, que son más altas resultaron fáciles, pero los cultivos bajos que se extienden implican una gran cantidad de esfuerzo al tener que agacharse el segador en cada una de ellas. En Grecia, en estudios de cultivos tradicionales, se ha observado como dos personas habituadas a este trabajo, tardaron juntos cuatro días en arrancar 0,5 ha de yeros (es decir, 0,06 ha/cabeza/día), mientras que en las lentejas el cálculo es de 0,05 ha de lentejas por persona al día. En diversos lugares de Grecia la dificultad de arrancar las leguminosas fue citada repetidamente como la razón para cultivar sólo cantidades modestas de legumbres (que rara vez superan las 0,5 ha, incluidas las habas, que son relativamente más fáciles). Las legumbres que se consumían verdes, y que por tanto se recogían vaina a vaina, se cultivaban a una escala aún menor, normalmente en uno o dos surcos (Halstead, 2014). En Siria, para la cosecha de lentejas, son habituales entre 12 y 20 jornadas de trabajo por una persona para cosechar una hectárea (Khayrallah, 1981; Papazian, 1983). En Jordania, se ha señalado que 10 días de trabajo son suficientes (Haddad et al., 1988), quedando estos datos recogidos en el trabajo de Butler (1990).

Sobre esta cuestión queremos señalar la gran necesidad de mano de obra observada en las leguminosas, la etnografía ha observado cómo en sociedades productoras tradicionales este hecho hace que su cultivo se considere más laborioso y menos productivo, siendo un cultivo “para casa” y no centrado en el intercambio comercial. Este hecho podría explicar el porqué siempre han sido especies secundarias en los sistemas agroalimentarios basados en cereales, aunque sus valores nutritivos, adaptación climática y regeneración de suelo han hecho que sean especies presentes e importantes en todos ellos.

1.3.7 Procesamiento de leguminosas: Trilla aventado tamizado y limpieza.

Una vez vistas las diferentes posibilidades de cosechar las leguminosas, los manojos de la cosecha seca se llevan a las eras mediante transporte animal, como bueyes, burros o mulas. El traslado del material suele realizarse en los primeros momentos del día en los que el sol no es fuerte y las temperaturas son bajas, reduciendo la posibilidad de la rotura de las vainas y la dispersión de las semillas. Las plantas se suelen transportar en sacos o sábanas, en ocasiones las ataban con haces de paja de cereales o con hierbas silvestres; aunque normalmente no se ataban y se transportaban directamente. En la era, se abrían los manojos, para facilitar el secado y la posterior trilla. Sin embargo, en las leguminosas destinadas principalmente como forraje, como los yeros y las vezas, sólo se ataba en fardos sin trillar, ya que se daba de comer a los animales como heno fresco o forraje ya seco. En este tipo de cultivos, en los cuales la totalidad de la planta se utiliza como heno o forraje, no se tiene que trillar ni tener cuidado en su transporte al no tener las semillas maduras; sin embargo, la parte que se cosecha posteriormente para obtener semillas maduras para la siguiente temporada sí que es tratada por el proceso de trilla, aventado y tamizado. Las leguminosas de grano, antes de almacenarse, necesitan una serie de trabajos para facilitar su almacenamiento y posterior consumo, especialmente para separar las partes destinadas a la alimentación humana de la parte forrajera, ya que los restos de las leguminosas son más apreciados para alimentar al ganado que el de los cereales (Muehlbauer et al., 1985; Butler, 1990). En las leguminosas estos trabajos de trillado, aventado, tamizado y limpieza son en parte similares a los de los cereales, aunque con diferencias puntuales.

1.3.7.1 Trilla

Transportados los manojos o las plantas segadas o arrancadas de leguminosas a las diferentes eras preparadas para realizar la trilla, se dejan secar durante varios días, ya que, como ya se ha comentado, normalmente se cosechan algo frescas. En los lugares donde todavía se realiza algún tipo de agricultura tradicional, existen eras ya preparadas para estas actividades, algunas con pavimentos enlosados, como las rectangulares realizadas en terrazas en Monte Cairo, Italia, o las circulares documentadas en Amorgos, Grecia. (Halstead, 2014). Normalmente suelen estar cerca de las zonas de habidad, en terrenos relativamente llanos y con un suelo duro, en el caso de que no sean construidas como el ejemplo anterior. Si los campos de cultivo están alejados, puede realizarse en suelos sin preparar, como también se ha observado en las fuentes clásicas, en concreto Columela en el capítulo 10 del libro 2 de los Trabajos del Campo (Rsut. 2.10) describe como en ocasiones se pueden utilizar los campos adyacentes que están en barbecho para realizar la trilla.

Las diferentes fuentes etnográficas (Halstead 2014, Butler 1992) así como las fuentes clásicas describen como las leguminosas son más fáciles de trillar que los cereales, necesitando una inversión mucho menor de tiempo, hecho inverso al observado en la cosecha. Halstead comprobó cómo en Amorgos, Grecia, las legumbres se trillaban más rápidamente que volúmenes similares de cereales desnudos; mientras que entre los cereales se considera que la avena es fácil de trillar, el trigo difícil y la cebada intermedia (Gaillard, 1997). Dado que los cultivos que se trillan con facilidad tienden a desprenderse del grano en el transporte desde el campo, las lentejas y la avena se cosechaban a menudo temprano. Independientemente del tipo de trilla que se vaya a emplear hace falta que las plantas de leguminosas se encuentren ya bien secas para fomentar, ahora ya sí, la ruptura de las vainas y la dispersión de las semillas. Para ello se suelen dejar secar varios días en las eras antes de trillarlas. En las leguminosas los estudios etnográficos han observado tres formas diferentes de realizar este trabajo en los sistemas agrícolas tradicionales del Mediterráneo y del suroeste de Asia:

-Trilla manual: La forma más simple de trillar, tanto cereales como leguminosas, es con un sistema manual (figura 1.19), en el cual se extienden las plantas cosechadas en el suelo de la era y se golpean manualmente con mayales, palos largos u otros instrumentos para golpear y romper las vainas o las espigas.

-Trilla por pisado del ganado: Este tipo de trilla consiste en llevar al ganado a las eras para que pisen las plantas cosechadas rompiendo de esa forma las espigas o las vainas consiguiendo separar ambas partes de las plantas. En algunos lugares se diferencia entre los animales herrados o sin herrar para diferentes especies.

-Trilla con trillos o rodillos: Por último, el sistema más intensivo para realizar este trabajo es a través de herramientas concretas para ejercer este trabajo tiradas por animales como mulas, bueyes o caballos (figura 1.19). Los trillos consisten en planchas o tablas de madera a las cuales se les incrustan piezas de sílex talladas por especialistas o en ocasiones con piezas de hierro para cortar la paja y separar las espigas o las vainas de las semillas. Otras herramientas con el mismo propósito consisten en rodillos de madera con diferentes puntas para facilitar esta ruptura.

En ocasiones se combinan estos métodos de trilla, rompiéndose primero con las pezuñas de los animales o con trillos, separando las partes más grandes de la paja o el forraje, almacenando el producto sin acabar de trillar, realizándose esta acción posteriormente ya en las zonas de hábitat de forma manual con palos o mayales (Hillman, 1981).



Figura 1.19: 1: Trilla manual con mayales. 2 Trillo. 3: Trillado con trillo de tracción animal.

Fuente: <https://handlingthosebastards.wordpress.com/2016/06/05/existio-el-llamado-en-castellano-mangual-o-mayal-flail-en-ingles-un-arma-de-una-mano-medieval-y-fue-usado-en-combate-real-si-un-ejemplo-de-polemica-barata-a-traves-de-internet/>

Cada una de las diferentes técnicas tiene sus ventajas e inconvenientes. La primera se ha observado que es muy útil para pequeñas cosechas que se quieran almacenar por separado. También es útil en las especies con semillas menos resistentes, como las leguminosas, al afectar menos a las semillas. En Grecia se ha documentado como las legumbres y el centeno podían sembrarse a una escala lo suficientemente pequeña como para poder trillarlos fácilmente a mano, hecho que es imposible para el trigo, la cebada y la avena ya que nunca se sembraban en cantidades tan pequeñas (Halstead, 2014). La elección de este tipo de trilla no parece estar vinculado a la propiedad de animales de tiro, ya que agricultores con este ganado también realizan trillas manuales para cosechas a pequeña escala, como ciertas legumbres o cereales secundarios.

La segunda técnica es la más estudiada en las fuentes etnográficas, probablemente por ser la más común en las regiones donde se han realizado estos estudios, aunque ello no nos permite saber si era la forma mayoritaria en el pasado en nuestra área de estudio. Sobre las leguminosas, hay evidencia de su trillado mediante esta técnica, pero en algunos lugares como Albania, se ha observado cómo los animales herrados trillaban el trigo y la cebada, y los que estaban sin herrar las legumbres menos resistentes, el centeno y el arroz (Shkurti, 1979), evitando de esta forma dañar las semillas durante este trabajo. También se ha observado como los primeros animales (mayoritariamente équidos) trillan de forma más rápida que los no herrados. En algunos pueblos de Grecia se ha documentado como las habas se trillaban de esta forma independientemente de si su cosecha fuese numerosa o escasa, pero en otros lugares se ha documentado como el ganado pisaba solo una parte de las leguminosas, trillándose otra parte de forma manual, a no ser que hubiese una gran cosecha ese año (Halstead, 2014).

La información etnográfica también recoge casos en los cuales se utilizan los trillos o rodillos para trillar leguminosas, especialmente habas, aunque hay menos información que en los casos anteriores, también para los cereales (Butler, 1992). En Grecia se ha observado el uso de este tipo de herramientas para las habas y otras leguminosas, aunque de nuevo parte de la cosecha se trillaba a mano, tanto por el volumen como para evitar la ruptura de las semillas, siendo más habitual en las judías introducidas de América y las habas (Halstead, 2014).

En otros lugares de Grecia y del Mediterráneo, algunos agricultores combinan los cultivos para evitar trillar a mano las pequeñas cantidades. Por ejemplo, en Amorgos, se documentó como un agricultor mezclaba guisantes de huerto y guisantes forrajeros en la misma era por no molestarse en trillarlos por separado a mano. Sin embargo, era una práctica mal vista por el resto de agricultores y tachada de descuidada (Halstead, 2014)

Una vez trillada la capa superior de la cosecha, independientemente del tipo de trabajo realizado, el contenido del suelo se volteaba con horquillas de madera para exponer el material que quedaba debajo del trillado antes de realizarse el aventado.

La trilla es menos urgente que la siega o la labranza, ya que una vez cosechadas se pueden almacenar en diferentes estados de procesamiento y continuar con este trabajo posteriormente. Por este motivo, a diferencia de la cosecha, el trabajo en la era no era el factor que limitaba la producción de legumbres y cereales desnudos. En el caso de los trigos vestidos, el descascarillado manual era lo suficientemente laborioso como para que este trabajo y la trilla fueran más largos que la propia siega, pero la tarea podía realizarse de forma fragmentada desde el almacenamiento. De hecho, era muy ventajoso hacerlo, incluso en zonas con veranos secos, favorables para realizar el descascarillado inmediato a gran escala (Hillman, 1981), porque las espigas y las espiguillas se almacenan mejor que el grano libre.

El calendario de la trilla cambia dependiendo de la región y el clima de esta. En Amorgos, Grecia donde las legumbres y los cereales se cosechan a finales de mayo y junio, el mes de julio solía ser caluroso y seco, siendo ideal para la trilla. En los márgenes del norte del Mediterráneo y en las zonas altas, donde la cosecha tenía lugar más tarde en el verano, se suele esperar mal tiempo para la trilla, aunque todavía se puede realizar al aire libre teniendo más cuidado que en las regiones más cálidas (Halstead 2014). En regiones montañosas y húmedas, como en Asturias, se apresuraban a llevar la cosecha a los graneros para secarla y poder trillarla durante el invierno. La trilla en las montañas utilizaba ocasionalmente animales, en un espacio porticado protegido o incluso en el interior del granero (Gaillard, 1997). El tratamiento manual en estas regiones era más habitual: con palos, mayales o golpeando las gavillas sobre una tabla inclinada (Halstead 2014).

1.3.7.2 Aventado

El aventamiento se lleva a cabo mediante una variedad de equipos, que van desde las manos, cuando la cosecha es muy pequeña y la trilla se ha realizado también manualmente, hasta horquillas, palas, ventiladores o cestas, (Jones, 1983; Hillman, 1981, 1984). Como en el caso anterior, el tiempo empleado depende del tamaño de la cosecha, aunque en este caso se añade otro factor muy importante, la fuerza del viento, siendo muy importante para realizar este proceso (Butler, 1992). Jones (1983) ha registrado que los días tranquilos con algo de viento eran los preferidos para el aventado, ya que se tiene un mayor grado de control sobre la cosecha, considerándose óptima una brisa constante y sin ráfagas, como en el caso de los cereales (Hillman 1984). En las leguminosas se tiene un cuidado especial en recuperar todos los residuos de las plantas, ya que el valor de la paja de las legumbres y de los subproductos de las vainas es muy alto como alimento para animales (Butler, 1991). En concreto se ha observado como en sociedades agrícolas tradicionales del suroeste de Asia la paja de las lentejas se considera de especial valor y se utiliza para alimentar a los animales más apreciados (Erskine, 1985). Especialmente en regiones áridas, como Siria y Jordania, con estaciones secas que limitan la disponibilidad de otros forrajes, este tipo de residuos era muy valorado, teniendo en ocasiones más valor comercial que las propias semillas (Muehlbauer et al., 1985).

El aventado (figura 5.24) se realiza una vez que la cosecha que se encuentra en la era está ya desmenuzada, para separar el grano de la paja (tanto los fragmentos de espiga de cereal como de vaina de legumbre), la cosecha trillada se lanza al aire, cayendo el grano pesado al suelo, mientras que la brisa arrastra la paja uno o dos metros a favor del viento. Para lanzar la cosecha se suele utilizar una horquilla o biello de hierro o madera de varias puntas, cambiando a una pala cuando el grano está ya más limpio; sin embargo, las cosechas de poco volumen y que se suelen trillar a mano, se avientan simplemente a mano, dejando caer el grano, aunque en ocasiones también se utilizan directamente las cribas o pequeños recipientes para lanzar una cantidad algo más grande. En Grecia, cuando sólo se recogen y trillan las vainas de las habas o de las judías, gran parte de la paja puede recogerse a mano, dejando atrás las semillas sin necesidad de aventado (Halstead, 2014). Sin embargo, en la mayoría de los casos, el aventado es el medio más eficaz para separar el grano de la paja y la paja más ligera. El aventado manual con las manos o pequeños recipientes se ha observado también en Grecia, en concreto en cosechas de lentejas y de vezas, pero si son grandes cantidades se avientan con biellos u horcas.

1.3.7.3 Tamizado y limpieza

Los procesos de tamizado de las legumbres han sido descritos en detalle por Hillman (1981, 1984), aunque en estudios generales en los cuales se hace más hincapié en los cereales al ser las especies principales de los sistemas agrícolas estudiados, hecho similar a Halstead (2014), mientras que Butler sí ha realizado una síntesis sobre las leguminosas (1990, 1992). Se ha observado cómo una vez acabado el aventado, tanto en el suroeste de

Asia (Hillman 1984a) como en Grecia (Halstead, 2014), las fracciones más grandes y pesadas de las vainas, se separan mediante tamices gruesos de tamaños de malla que pueden variar con el cultivo, en la misma era. En el norte de Jordania se utilizan dos tipos de criba gruesa, una para el trigo y otra con agujeros más grandes para la cebada y los garbanzos (Palmer, 1998). Hillman (1981) ha registrado como en el sur de Turquía se utilizan tamices gruesos, de unos 4 o 5 mm para la limpieza de garbanzos y lentejas, al ser estas semillas más pequeñas que esta luz. Sin embargo, Halstead (2014) observa como en Grecia se utilizan tamices algo más grandes entre 6 y 10 mm, quedándose con los restos de vainas únicamente las habas, ya que tienen un tamaño superior a esta luz, los restos de vainas y de la planta se suelen juntar con la paja para guardarla como forraje. En Grecia, el tamizado grueso acompañaba habitualmente al rastrillado para acelerar las etapas finales del aventado, pero podía omitirse si el aventado había sido especialmente minucioso o las cosechas se destinaban al ganado; algunas cosechas de forraje se trillaban y aventaban para poder elegir si alimentar con paja o grano a diferentes animales, pero no importaba si había algo de contaminación en el grano de paja. Sin embargo, en otras ocasiones es al contrario, tamizándose el montón intermedio de grano con fuertes contaminantes, que quedaba entre el grano "limpio" a barlovento y la paja a sotavento. Estos montones intermedios a veces son aventados y tamizados (figura 1.20) hasta que están completamente limpios, aunque a veces se interrumpe el procesamiento y se embolsa estos montones intermedios para utilizarlos como forraje de alta calidad (Halstead, 2014). Posteriormente se utiliza un tamiz menor para eliminar las semillas de malas hierbas. La limpieza manual es una etapa que se suele realizar inmediatamente antes de procesar el grano para la alimentación, ya fuera de la era y después incluso de almacenaje, los restos de las limpiezas se suelen utilizar como alimento para pollos (Jones, 1984).

Una vez trillado, aventado y tamizado, el grano se mete en sacos y se lleva a los diferentes sistemas de almacenamiento, mientras que la era se barría antes de extender la siguiente cosecha, utilizándose los restos para alimentar a las gallinas. Los montones de paja y vainas también se retiraba para su almacenamiento, lo antes posible para no retrasar el procesamiento del grano de otras cosechas (Halstead y Jones, 1989). También hay que tener en cuenta que los cultivos en la era eran vulnerables a la lluvia y a posibles asaltos del ganado. Ya fuera de la era y antes de su almacenamiento el grano puede someterse a una nueva limpieza más exhaustiva por partes en las diferentes casas, aunque en este caso se suelen excluir las especies que se utilizan como forraje, que únicamente se tamizan en este nivel en algún año de hambruna en que se van a consumir como alimento humano (Hillman, 1984). La limpieza manual se considera especialmente importante en el caso de las legumbres arrancadas para el consumo humano, ya que las piedras remanentes podían romper los dientes, pero no se hace en el caso de las que están destinadas a forraje, importando menos este hecho en el ganado.

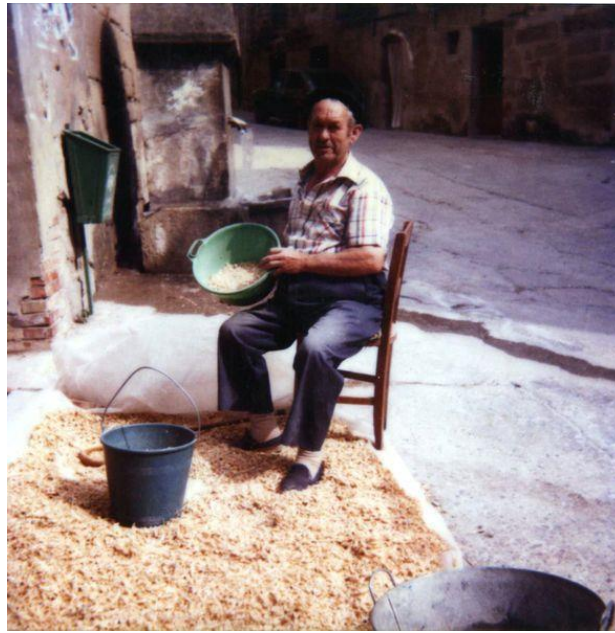


Figura 1.20: Cribado y limpieza de garbanzos. Fuente Atlas Etnográfico de Vasconia

A veces se lavaba el grano a granel, antes de almacenarlo, siempre cuando el clima fuese lo suficientemente cálido para que se secara rápidamente; en ocasiones este proceso se realizaba antes de la molienda. La mayoría de los agricultores griegos responden que tanto los granos alimenticios como los forrajeros se limpian escasamente, la minuciosidad de dicha limpieza depende claramente del tiempo, la mano de obra y la energía disponibles. Normalmente los diferentes agricultores señalan que la presencia de paja importa menos en el forraje que en el grano alimenticio, ya que en este último cualquier contaminante restante tiene que ser eliminado en alguna etapa posterior antes de su consumo. El momento y el lugar en que se realizaba el lavado y el cribado fino dependían en gran medida de las condiciones meteorológicas y de la disponibilidad de mano de obra, mientras que la clasificación manual parece haberse realizado siempre de forma fragmentaria, entre el almacenamiento y la preparación para el consumo. Las legumbres y los cereales de trilla libre solían almacenarse, en la mayor parte del Mediterráneo, como grano libre más o menos limpio. Los trigos con gluma se almacenan mejor como espiguillas que en grano, en parte debido a los daños que sufren estos últimos durante el descascarillado (Halstead, 2014).

1.4 Las Leguminosas en las fuentes Clásicas

Como ha pasado en otros tipos de estudios, las leguminosas han sido poco estudiadas en las fuentes clásicas, esto se debe a que en la literatura griega y romana se mencionan menos que los cereales, probablemente debido a que tenían una consideración diferente a estos y otros alimentos. En 1999, Flint-Hamilton realizó una recopilación interesante sobre las leguminosas en las fuentes clásicas. En esta sección se ha realizado un análisis más profundo, extrayendo la información que hemos considerado más importante para este estudio. Nuestra recopilación no se ha ampliado a fuentes medievales y modernas, ya que sería un trabajo muy laborioso y no es el objetivo principal de nuestra investigación, eligiendo las clásicas al considerarse más cercanas cronológicamente al periodo estudiado y estar centradas en la región Mediterránea. Finalmente hemos añadido la información sobre las leguminosas que aparece en la Biblia, ya que consideramos que por cronología puede aportar información útil, aunque no sea una fuente clásica.

Las especies de esta familia no se mencionan en los textos palaciegos micénicos del Lineal B, según los investigadores actuales puede deberse a que su cultivo no era con fines comerciales, sino doméstico y por lo tanto no se recaudaban como el resto de productos agrícolas (Flint-Hamilton, 1999).

A pesar de mencionarse en un segundo lugar, sí que hay evidencias de la importancia de las especies cultivadas de esta familia en este tipo de textos. Destacan especialmente *De re rustica* (Los trabajos del Campo) de Lucius Junius Moderatus Columella, *Historia Natural* de Cayo Plinio Segundo, más conocido como Plinio el Viejo, *De historia plantarum* (Historia de las Plantas) de Teofrasto y *De Agri Cultura* (Tratado de Agricultura) de Marco Porcio Catón, más conocido como Catón el Viejo.

La edición consultada para la obra de Columela es la traducción de Cerrada García (2018). Para los libros XVII, XVIII y XIX de la Historia Natural de Plinio se ha consultado la traducción de Del Barrio Sanz et al. (2020), el resto de libros de esta obra se han consultado en el volumen publicado por Cantó et al. (2007), Para la Historia de las Plantas de Teofrasto se ha consultado la traducción de Díaz-Regañón López (1988), para el Tratado de Agricultura de Catón la de García-Toraño Martínez (2012). La versión de la Biblia consultada es la quinta edición de la Biblia de Jerusalén. Para las menciones en el texto se ha utilizado las abreviaciones estandarizadas creadas para las obras clásicas del DGE del CSIC (<http://dge.cchs.csic.es/1st/1st1.htm>), correspondiendo *Rust* para Los trabajos del Campo de Columela, *HN* para la Historia Natural de Plinio, *Hist. Pl.* para la Historia de las Plantas de Teofrasto y *Agr* para el Tratado de Agricultura de Catón.

1.4.1 Leguminosas

Columela enumera las legumbres más agradables y que más se usan para consumir por los humanos, destacando el haba, la lenteja, el guisante, el garbanzo, y el atramuz. Hay que señalar que también en esta descripción incluye algunos cereales y otras especies de otras familias (*Rust.* 2.7). Como forrajes destaca la alfalfa, la alholva y la veza, con los yeros en un segundo lugar. (*Rust.* 2.7).

Por su parte Teofastro en el capítulo quinto del libro VIII (*Hist. pl.* 8.5.1-4), describe que las leguminosas tienen menos diferencias entre ellas, ya que fuera del garbanzo, la lenteja y en cierta medida el haba y la arveja en las cuales hay diferencias de color y sabor, en el resto no se observan. También describe como las legumbres blancas son más dulces, incluyendo a la arveja, la lenteja, el garbanzo y el haba. También describe diferencias en las vainas y el número de semillas por vaina.

1.4.2 Nitrogenación y afectación del suelo

Ya en el siglo IV a.C., se conocían las propiedades de las leguminosas como fertilizantes naturales de los suelos, como se recoge en la obra Geopónica en la cual se cita Jenofonte mencionando que ciertas especies de leguminosas recuperan los suelos exhaustos (Flint-Hamilton, 1999). Esta propiedad también la recogen Plinio en Historia Natural, en concreto cuando habla de los altramuces y como enriquecen los suelos de los campos y las viñas (*HN* 18.134), descripción similar a la que da a las vezas (*HN* 18.137). Catón, especifica que los altramuces, las habas y las arvejas (vezas) abonan la tierra (*Agr* 37).

Columela destaca al atramuz como especie de leguminosa que más abona el suelo (*Rust.* 2.10), también otorga a la veza estas propiedades (*Rust.* 2.14). En el resto de especies de leguminosas recomienda arar el terreno después de la cosecha de las semillas, dejando la planta en el campo y arando posteriormente para fertilizar el suelo, ya que él cree que no se fertilizará el suelo si no se hace este proceso. Dice que según Tremelio los garbanzos son los que más perjudican a la tierra, ya que es de naturaleza salada. (*Rust.* 2.14). También cuando describe la alfalfa destaca su capacidad de abonar el campo (*Rust.* 2.11).

Teofrasto incluye al garbanzo como una planta que esquilma la tierra, sin embargo, el haba la fertiliza incluso aunque su cultivo haya sido disperso. Remarca esto a pesar de lo que se ha dicho anteriormente, por lo que puede que otros autores anteriores pensasen que las habas esquilmaban el suelo (*Hist. pl.* 8.9.1).

Catón describe a los garbanzos como perjudiciales para el suelo cuando se cosechan arrancándolos y los restos de las plantas se quedan en el campo, ya que son salados (*Agr* 37). Describe a los altramuces, las habas y las arvejas como cultivos que abonan la tierra (*Agr* 37).

1.4.3 Preparación del terreno y siembra

Según Columela, en los climas fríos, donde no se recomienda la siembra en otoño, se puede realizar en primavera, destacando para ello una serie de especies entre ellas las “habas de los Marsos” (*Rust.* 2.9). En el capítulo 10 del libro II (*Rust.* 2.10), Columela explica detalladamente como y cuando sembrar las diferentes leguminosas. Destaca al altramuz sobre todas al ser la que menos jornales de trabajo necesita y la compra de la simiente es barata. Su siembra la establece a finales de septiembre o principios de febrero. Recomienda la misma siembra para los guisantes, pero en una tierra más fácil de labrarse y suelta y un paraje más templado y lluvioso. Para las habas aconseja un terreno estercolado y que se pueda irrigar; también recomienda cubrir la semilla una vez sembrada pasando el arado; recomienda su siembra en otoño y la desaconseja en primavera, aunque reconoce que hay variedades tremesinas que si pueden sembrarse en esta época. Para las lentejas recomienda sembrarlas en luna creciente en terrenos secos, ya que la humedad puede estropearla cuando esté en flor, recomienda mezclarlas con estiércol; describe dos siembras, una primera a finales de otoño y otra posterior en el mismo terreno en febrero. Para las guijas, que según Columela son similares a los alverjones, recomienda sembrarlas en enero o en febrero en terreno fértil y clima húmedo, la describe como la semilla que menos perjudica al campo, pero que es muy sensible a la sequía y los vientos del sur. Esta descripción podría no hacer referencia a los *Lathyrus*, ya que no se asemejan a las necesidades que conocemos actualmente de estas especies, ya que en ocasiones a los guisantes también se les denomina arvejas y no aparecen en esta descripción. La siembra de los garbanzos se sitúa en marzo (*Rust.* 2.10).

La siembra de los diferentes forrajes en la obra de Columela se describe en el capítulo XI del Libro 2 (*Rust.* 2.11). La alfalfa se siembra en primavera, pero antes, en octubre, se debe roturar y dejar que la vegetación tumbada fermente sobre el campo, luego recomienda volver a labrarlo en febrero, retirando las piedras y deshaciendo los terrones. En marzo recomienda terciarlo y gradarlo; finalmente se siembra en abril. La veza se siembra en dos momentos diferentes dependiendo de su uso; si es para forraje se realiza en el equinoccio de otoño, si es para leguminosa de grano en enero o febrero en tierras pueden ser poco fértiles, se recomienda una labrada de una reja, tapando las semillas con tierra una vez sembrada. Para la alholva (o siliqua) también señala dos tiempos de siembra, en septiembre para forraje, igual que la veza, o en enero febrero para leguminosa de grano. Hay que tener cuidado ya que se si cubre con demasiada tierra no nace, por lo que recomienda el uso de arados pequeños para cubrirla. El yero necesita tierra endeble y no húmeda, se siembra en otoño o en enero febrero, siempre antes de las calendas de marzo, ya que las que se siembran posteriormente son nocivas para el ganado (*Rust.* 2.11).

Plinio en su libro XVIII describe las diferentes leguminosas y sus procesos agrícolas (*HN* 18.117). Antes de la siembra recomienda rociar las semillas con vino para prevenir enfermedades, Virgilio recomienda rociar las habas con nitro y apechin. Otra idea es macerarlas tres días en orina para que crezcan más. Otros remedios para todas las semillas era rociarlas con el jugo de una hierba denominada aizoo (*HN* 18.157). Plinio recomienda sembrar habas en los suelos recios (*HN* 18.120) y vezas en los menos húmedos (*HN* 18.137). Para las lentejas recomienda suelos pedregosos que no sean herbosos (*HN* 18.123). En las tierras pobres recomiendan plantar cualquier legumbre salvo el garbanzo

(HN 18.124). Plinio define a las habas como las primeras en sembrarse, aunque también describe que otros autores como Virgilio recomienda su siembra en primavera, como era tradicional en aquella época en las regiones frías de Italia (HN 18.120). Establece la siembra de las lentejas en otoño o primavera, prefiriendo suelos pobres y secos. Los guisantes se siembran en estas mismas épocas, pero los clasifica como intolerantes al frío por lo que se recomienda realizarlo en primavera en regiones frías (HN 18.123). Los garbanzos se pueden sembrar en cualquier tierra entre octubre y noviembre según Plinio (HN 18.124). Los altramuces se siembran sin haber arado el terreno, en septiembre y sin cubrir las semillas, hacen su propio abono (HN 18.134). Los yeros en marzo u otoño, pero solo no son dañinos para los bueyes si se realiza una siembra temprana (HN 18.139). La veza no se abona y se siembra solo con una reja, hay tres temporadas de siembra, en octubre, enero y en marzo, la primera es la ideal para obtener grano y la última para forraje (HN 18.137). Según Plinio los griegos fijaban fechas muy concretas de siembra, estableciendo que las vezas, alholvas y lentejas se realiza a la puesta del Boyero (entre el 30 de octubre y 2 de noviembre), aunque otras personas consideran mejor la siembra de primavera, siempre antes del equinoccio. Para la alfalfa se tiene que preparar bien el terreno alzándolo en otoño y una vez libre de piedras se realiza una segunda y tercera labrada, con 5 días entre ellas. Una vez abonado se le pasa la grada. El terreno tiene que ser seco y rico o también puede ser irrigado. Se siembra en mayo y se tiene que cubrir (HN 18.144)

Teofrasto en el libro II capítulo IV de Historia de las Plantas (*Hist. pl.* 2.4.2), describe un tratamiento para que las legumbres no lleguen a ser de difícil cocción, poniéndolas en remojo en una infusión de nitro durante la noche y sembrarlas en terreno seco al día siguiente. Para que las lentejas ganen fuerza se recomienda sembrarlas con estiércol, por otro lado, para conseguir que los garbanzos sean grandes se suelen mojar las semillas mientras están todavía dentro de la vaina antes de sembrarlos. Cree que según cuando se siembren algunas legumbres son más o menos indigestas, como las vezas de comienzos de primavera a diferencia de las de otoño. En el libro octavo, capítulo primero se recoge como la siembra de las habas y de la alverjana loca (*Lathyrus ochrus*), se da tempranamente, en septiembre, ya que son poco resistentes al frío en sus primeras etapas, también se siembra el altramuz en esta época. Tardíamente se siembran las lentejas, vezas y guisantes. Las vezas y los garbanzos se pueden sembrar en ambas épocas (*Hist. pl.* 8.1.1-5).

Catón describe cómo hacer una siembra de trébol, arveja, fenogreco, haba y yero para forraje de los bueyes, seguidas de una segunda y tercera siembra de forraje genera suelos muy fertilizados para los posteriores cultivos (*Agr* 54). Recomienda sembrar las habas en las tierras duras no expuestas a la intemperie. Las arvejas y el fenogreco en lugares que sean muy poco herbosos. Las lentejas en lugares pedregosos y de tierra roja que no sean herbosos (*Agr* 35).

1.4.4 Cuidado del cultivo

En el capítulo 12 del libro 2 de Los Trabajos del Campo (*Rust.* 2.12), Columela explica cómo se escardan los diferentes cultivos de leguminosas, aunque parece que no existía unanimidad entre los autores de la época, ya que algunos desaconsejan realizar este procedimiento con herramientas ya que debilitan las raíces de los cultivos y quedan más expuestos a las heladas, siendo mejor escardar a mano. Sin embargo, la gran mayoría de autores clásicos recomiendan el uso del almocafre. En los campos con climas secos se recomienda escardar antes del invierno, pero en lugares más fríos y húmedos se recomienda después del invierno. En el caso de las habas el mejor momento para escardar es cuando la planta se eleve unos 4 dedos sobre la tierra. Para el altramuz se recomienda no escardarlo. Algunos autores como Cornelio Celso recomiendan no escardar las habas, ya que una vez arrancadas las plantas de habas, el resto se puede utilizar como heno, sin embargo, Columela cree que es mejor no dejar demasiada hierba para que las habas no pierdan productividad. Respecto a la alfalfa se recomienda hacerlo a mano o con herramientas de madera, desaconsejando las herramientas de hierro.

Columela describe que en las plantas de semilla doble (dicotiledóneas) tardan 40 días en florecer desde la siembra y otros 40 en estas listas para la cosecha (*Rsut.* 2.12). Hecho similar a Teofrasto, que además señala al garbanzo como la leguminosa que se desarrolla más rápida, en solo 40 días (*Hist. Pl.* 8.2.6).

En el capítulo 13, Columela hace un cálculo de las jornadas necesarias para obtener ciertas cantidades de producto final (*Rsut.* 2.13). Para simplificar dichos cálculos hemos realizado la tabla 1.4.

Nombre vulgar	nº Modios	Jornadas de :					Total
		Labranza	Grada	Escarda	Escarda a mano	Siega	
Haba	4 o 6	2 o 1	1,5	1,5 + 1+ 1		1	8 o 7
Veza	6 o 7	2 o 1	1			1	4 o 3
Yero	5	2 o 1	1	1	1	1	6 o 5
Judia (Guisante?)	4	2 o 1	1			1	4 o 3
Almorta	4	3	1		1	1	6
Lenteja	1,5	3	1	2	1	1	8
Altramuz	10	1	1			1	3
Garbanzo	3	4	2	1	1	3	11
Trigo	4 o 5	4	1	2 +1	1	1,5	10,5
Cebada	5	3	1	1,5		1	6,5
Escalaña	9 o 10	4	1	2 + 1	1	1,5	10,5

Tabla 1.4: Resumen de los datos mencionados por Columela. Modio= 8,75 litros

En esta tabla podemos observar la productividad de cada cultivo. Los cereales parecen tener un rendimiento algo menor a las leguminosas, destacando el caso el altramuz sobre

el resto. Columela también calcula que un campo de doscientas yegudas (unas 50 hectáreas) puede cultivarse con dos yuntas de bueyes, un número igual de gañanes y seis peones, se necesitan unos 125 modios de trigo y otros tantos de leguminosas para sembrar, además de otros 75 de simiente tremesina. Su cálculo total de todo el proceso es de ocho meses y diez días teniendo tiempo suficiente para dedicar a otras actividades (*Rust.* 2.13).

1.4.5 Plagas del cultivo

Según el libro VIII de la Historia Natural de Plinio, las plagas que pueden afectar a las leguminosas son diversas, destacando la roya, siendo muy frecuente en zonas con alta humedad, mientras que en zonas elevadas y ventosas no aparece. Otro problema son las orugas y en los garbanzos y yeros hay una mala hierba que les afecta fuertemente, el orobanche. A las vezas les atacan las babosas y los caracoles.

Teofrasto habla de malas hierbas asociadas a cada cultivo, en concreto a la lenteja la vincula con el amor del hortelano, y los cabellos de monte a las arvejas. Otra mala hierba, la sangre de legumbres (se cree que es *Orobanche gracilis*) (*Hist. pl.* 8.8.4). Como plagas describe la herrumbre o roya, la cual afecta más a los cereales que a las leguminosas; la podredumbre y el ataque de gusanos y arañas en el caso de los garbanzos (*Hist. pl.* 8.10.1-3,5).

Para remediar estas plagas, además de los remedios antes de la siembra ya vistos, se clavan ramas de laurel en los campos, ya que la roya ataca a estos en lugar de a las plantas cultivadas (*HN* 18.161)

1.4.6 Cosecha, trillado y aventado.

Columela describe como realizar la cosecha de las habas en el capítulo 10 del libro 2 de los Trabajos del Campo (*Rust.* 2.10). Para hacerlo recomienda arrancarlas antes del alba, llevándolas a las eras y dejándolas secar varios días antes de trillarlas. También dice que es la leguminosa que menos cuesta trillar sin animales y más fácilmente se limpia sin viento. Describe una forma de trillado en la cual se extienden las plantas de las habas en la era, se hace una primera pasada con palos y horcas golpeándolas, retirando en la pasada de vuelta los restos más largos de las plantas, al ir realizando diferentes pasadas y fragmentándose más los restos de la planta van quedándose las habas y se puede separar posteriormente con bioldos aventando la paja más fácilmente. En la alfalfa la primera siega la recomienda tardía, cuando comience a caer alguna semilla, las posteriores siegas pueden darse antes de que granen (*Rust.* 2.11). En las vezas, cuando su destino es el forraje, se recomienda cortar antes de que se endurezcan las vainas (*Rust.* 2.11).

Plinio recomienda cosechar los altramuces después de que haya llovido para que las semillas no se caigan de las vainas durante su cosecha (*HN* 18.133). Según este autor las

leguminosas se arrancan del suelo en vez de cortarlas, por este hecho se les conoce como legumina, ya que proviene de la palabra *leguntur*, que significa arrancar. Se cree que puede no ser el origen etimológico de la palabra, pero probablemente fuese un pensamiento popular de la época (HN 18.165).

Teofrasto describe como en Sicilia, las legumbres se cosechan seis meses después de la siembra, remarca que tanto los agricultores que las sembraron tempranamente como los que no, las recogen al mismo tiempo (*Hist. pl.* 8.2.8)

1.4.7 Almacenamiento

Columela describe que, para prevenir el gorgojo en las lentejas, una vez trilladas se recomienda eliminar las que flotan en el agua, el resto se seca al sol y se rocían con vinagre mezclado con raíz de silfio molida, lavándolas posteriormente con agua y dejando que se sequen de nuevo al sol, guardándose en un granero o en tinajas, en las cuales si se llenan hasta arriba y se tapan con yeso se conservarán en su totalidad. Otra posibilidad es guardarlas mezcladas con cenizas (*Rust.* 2.10). Para el heno se recomienda recogerlo maduro, pero no seco, ya que entonces sería igual que la paja; si tiene mucha humedad se pudre (*Rust.* 2.19). Los graneros según Columela deben situarse en alto y se podrán ventilar con pequeñas ventanillas. Otro tipo de granero es el embovedado, tratando primero el suelo con alpechín (mezcla del agua que es usada para lavar las aceitunas y del agua que las propias aceitunas tienen, compuesto por un 83% de agua, un 15% de materia orgánica y un 1% de minerales) apisonándose posteriormente, colocando encima ladrillos y cubriendo todas las posibles grietas o molduras con barro. Estos graneros están divididos en trojes para separar los diferentes tipos de grano, enluciendo las paredes de estas estructuras con barro amasado con alpechín y hojas secas de acebuche u olivo. Al colocarse en grano después de estos tratamientos se evita el ataque de los gorgojos y otros insectos (*Rust.* 1.6).

Teofrasto describe el almacenamiento de grano de cereales y leguminosas en trojes, para prevenir que se pudran y aparezcan diferentes insectos en estas semillas. Describe como antes estas estructuras no estaban enlucidas, pero en su época ya sí (*Hist. pl.* 8.11.1)

Plinio describe dos tipos de graneros, uno en el cual no hay ningún sistema de ventilación y otro que es todo lo contrario, ya que se encuentra sobre-elevado y es abierto para permitir la circulación completa del aire (HN 18.302). Cree que los factores que afectan a la conservación son muchos, como el grosor de la testa o el amargor, como en el caso de los altramuces y las almortas (HN 18.304). Según Plinio, Varrón describió que el trigo almacenado con su espiga en silos subterráneos puede aguantar 100 años, mientras que las leguminosas untadas en ceniza y dentro de tinajas se conservan durante muchos años, poniendo el ejemplo de que en una cueva de Ambracia se conservaron habas desde la época del rey Pirro hasta la guerra de Pompeyo contra los piratas, 220 años después (HN 18.307). El garbanzo no cría insectos en los graneros (HN 18.308). Hay personas que crean un lecho de cenizas y vinagre para colocar encima montones de legumbres,

creyendo que así no se infectan por gorgojos. También describe como las legumbres se introducen en tinajas para salazón y las cubren con yeso y que en ocasiones las lentejas se rocían con vinagre y después de secarlas con aceite. Sin embargo, destaca el método más eficaz contra los insectos, el realizar la cosecha con luna nueva (*HN* 18.308).

Catón, cuando describe el equipamiento necesario para establecer una explotación de olivo hace referencia a la necesidad de destinar una tinaja al almacenamiento de altramuces (*Agr.* 10 y 11), por lo que sabemos que se utilizaba este tipo de recipiente para su almacenamiento.

1.4.8 Consumo

Columela describe como los altramuces cocidos o remojados son muy efectivos para alimentar a los bueyes, consumiéndose por los humanos en casos de escasez (*Rust.* 6.3). De las habas no se menciona su consumo directamente, pero en los capítulos que habla sobre el cuidado de diferentes animales recomienda el consumo de habas por bueyes (*Rust.* 6.2) y caballos (*Rust.* 6.30), se define como un buen sustituto de la leche para las crías de las vacas (*Rust.* 6.24). Para las ovejas recomienda alimentarlas con paja, ya que hacerlo con habas molidas con sus vainas sale más caro, pero lo recomienda si se puede realizar (*Rust.* 7.3), caso similar para los cerdos (*Rust.* 7.9). Las lentejas se mencionan para alimentar palomas, además de vezas y yeros (*Rust.* 8.8). Los guisantes se encurten con los tronchos de lechuga en salmuera y vinagre (*Rust.* 12.9). También se describe el consumo de la galgana o la guija por parte de los humanos (*Rust.* 2.11). La veza se describe como la mejor comida para los bueyes en los climas secos, atada en manojos (*Rust.* 6.3), por lo que suponemos que se refieren a forma de heno o paja; también se utilizan para caballos (*Rust.* 6.30), ovejas (*Rust.* 7.3) y gallinas (*Rust.* 8.4).

Plinio considera a las habas las más preciadas entre las leguminosas. Su harina, *lomento* se ha intentado panificar, se usa para aumentar el peso de la harina del pan. También se utilizan para el consumo humano y animal (*HN* 18.117). El puré de habas tiene su significado religioso en el sacrificio de los dioses y destacan como acompañamiento a la carne (*HN* 18.118). Según Plinio, en sus fuentes encuentra como se menciona que el consumo de lentejas aporta serenidad a quien las consume (*HN* 18.123). Los altramuces son consumidos tanto por animales cuadrúpedos como por humanos (*HN* 18.133). Las harinas de yeros y almortas se utilizan para mezclarlas con la harina de cebada y obtener el pan de este cereal (*HN* 18.103). Según Catón, la harina de yeros también se utilizaba para dulcificar el vino (*Agr.* 19).

Catón menciona las habas, arvejas y altramuces en la alimentación de los bueyes, recomendando el reservar estos alimentos para estos animales (*Agr.* 54). En primavera al alimentarlos con forraje se recomienda añadir un modio de altramuz macerado. Los tréboles una vez maduros se arrancan y se les da como alimento (*Agr.* 53).

En las *Acarñias* de Aristófenes, se describe como un vendedor de cerdos los alimenta con higos y garbanzos. Mientras que, en el *Satiricón*, se relata cómo en un banquete funerario se ha servido, además de garbanzos, salchichas, remolacha, pan integral, tarta de queso, miel, altramuces, nueces y una manzana para cada invitado. En el *Banquete de los Eruditos*, en un menú fino se incluye a las habas con higos como uno de los postres (Flint-Hamilton, 1999).

1.4.9 Toxicidad y usos medicinales

Según Plinio las lentejas pueden afectar a la vista, así mismo tienen propiedades medicinales, ya que se utilizan para combatir el estreñimiento al consumirlas poco cocidas (*HN*, 22.142). En combinación con otros ingredientes como la remolacha el vinagre y la cebada se utilizan para tratar los abscesos, úlceras y gangrenas. Este hecho también lo señaló Hipócrates, ya que identifica las lentejas como un remedio para úlceras y hemorroides (Flint-Hamilton, 1999).

Como ya hemos visto Columela y Plinio describen cómo los bueyes que se alimentan de yeros sembrados en marzo se enferman, mientras que si lo hacían con los de otoño no (*HN* 18.139). Según Plinio, este consumo puede causar vómitos, digestiones difíciles, dolores de cabeza y de estómago y debilidad en las rodillas, sin embargo, si se remojan por varios días pierden este efecto (*HN* 22.153). Al mismo tiempo a esta especie se le atribuyen propiedades curativas; Plinio explica cómo Augusto tomó un medicamento a base de yeros para curarse de una infección (*HN* 20.264). También se creía que la comida hecha de yeros curaba los granos y evitaba que las llagas se extendieran, también quitaba el dolor al orinar, la flatulencia, los problemas hepáticos y la indigestión (*HN* 22.151).

Según Plinio las habas se pueden utilizar de forma medicinal, fortaleciendo la voz y es útil contra los cólicos, los forúnculos, las quemaduras y las hinchazones testiculares, sus cenizas son buenas para la ciática y mezcladas con manteca de cerdo claman los dolores articulares. Las testas hervidas alivian el estreñimiento (*HN* 22.140).

1.4.10 Perspectiva de las leguminosas en el mundo clásico

La imagen que se tenía de las leguminosas en la antigüedad es en parte incierta, ya que existen fuentes que las describen positivamente mientras que otras lo hacen al revés. Especialmente curioso es el caso de las habas, las cuales Plinio describe como las más preciadas entre las leguminosas, además existe un ritual en el cual se lleva a casa un haba para usarla de amuleto, aumentando así las ganancias de las cosas puestas en venta. Pausanias en su descripción del santuario de Demeter en Feneo, explica como la diosa Demeter amaba a los fenicios y les otorgó como presente una serie de variedades de

habas. También Columela la incluye entre las legumbres agradables y como hemos visto en la literatura de la época se incluye como parte de menús finos.

Sin embargo, según Heródoto, los egipcios rehusaban comer habas, ya que las consideraban impuras, llegando sus sacerdotes a no mirarlas. Los pitagóricos aborrecían esta legumbre, hasta tal punto que se decía que Pitágoras murió por no querer atravesar un campo de habas mientras huía (García Labrador, 2011). Según Plinio se consideraba que las habas embotan los sentidos y hacían soñar; también se creía que en ellas estaba el alma de los muertos, ya que era la primera planta en crecer. Por estos motivos Plinio cree que fueron condenadas por el pensamiento pitagórico.

Las lentejas son consideradas como un alimento de clase baja, ya que, en Plauto de Aristófanes, se dice que una persona ya no necesitará la sopa de lentejas porque ha encontrado la riqueza. Sin embargo parece que en Egipto eran muy apreciadas, llegando su precio a ser superior al del trigo (Cubero et al., 2009).

Un caso especial es el de la alfalfa, muy bien considerada por Columela, que la denomina como la más sobresaliente del resto de especies de forraje (*Rust* 2.11), no mencionando nada sobre su origen. Plinio destaca su origen extranjero para romanos y griegos, ya que según recoge la llevaron los medos cuando Darío II intentó conquistar la Hélade. Dice que, a pesar de eso, como tiene tantos méritos tiene que ser citada (*HN* 18.144).

1.4.11 Las leguminosas en la biblia

En proverbios 15.17 se describe “Más vale un plato de legumbres, con cariño, que un buey cebado con odio”. Todo este capítulo hace referencia a cosas que son mejores que otras, en un sentido metafórico, por lo tanto, podemos entender que las legumbres es un alimento de clases sociales bajas, como ocurre en el mundo greco-romano.

En el capítulo 1 de Daniel, se narra como este y otros judíos que se encontraban en la corte de Nabucodonosor, no querían comer la comida de lujo que les ofrecían por considerarla pecado. Convenció al eunuco que se encargaba de alimentarlos que cambiase la dieta por legumbres y agua como prueba durante 10 días, al ver que el aspecto de estos jóvenes mejoraba se pasó a alimentarles con estas.

En Ezequiel 4.9 se recoge “Toma, pues, trigo, cebada, habas, lentejas, mijo, espelta: ponlo en una misma vasija y haz con ello tu pan. Durante todo el tiempo que estés acostado de un lado - trescientos noventa días comerás de ello.” Con esta descripción podemos observar con que ingredientes se realizaban los diferentes panes, utilizándose harinas de algunas leguminosas, hecho también observado en las fuentes clásicas.

En Samuel 17.28-29 se dice que “llevaron lechos, esteras, copas y vasos de barro, así como trigo, cebada, harina, grano tostado, lentejas, habas, miel, cuajada, ovejas y quesos de vaca, y lo ofrecieron a David y a la gente que estaba con él, para que comiesen, pues

se habían dicho: «La gente habrá pasado hambre, fatigas y sed en el desierto.»” Con esta cita observamos cómo diferentes leguminosas eran parte de la dieta cotidiana, como el trigo y la cebada entre otros alimentos.

En el Génesis 25.34 “Jacob dio a Esaú pan y el guiso de lentejas, y éste comió y bebió, se levantó y se fue. Así desdeñó Esaú la primogenitura”. Esta cita, una de las más populares de la biblia, revela como Esaú pierde su primogenitura y el rol de patriarca por un guiso de lentejas que se iba a comer su hermano Jacob, probablemente sea una enseñanza de no caer a los instintos más primarios. En este caso las lentejas reflejarían un alimento bastante simple y cotidiano ante el cual Jacob se convirtió en patriarca, cambiando su nombre por Israel, padre de las 12 tribus.

1.4.12 Conclusiones sobre las fuentes clásicas

Las fuentes clásicas nos aportan un gran conocimiento sobre el conocimiento agrícola de las sociedades mediterráneas en la antigüedad. Aunque nuestro margen de estudio sea anterior, siguen siendo útiles ya que algunos de estos conocimientos podían estar presentes mucho antes que la publicación de estas obras.

El conocimiento agronómico de la época es bastante preciso, siendo similar a las ideas generales actuales en torno a periodos de sembrado, tipos de suelos o manejos de los cultivos. Uno de los principales problemas que pueden observarse es la traducción de algunas especies que pueden cambiar el significado completo. En general podemos diferenciar como existen leguminosas tratadas como cultivos (habas, lentejas, guisantes, alverjas, altramuces) y otras como forraje (vezas, yeros, guijas, alfalfa, alholvas) aunque algunas en tiempos de escasez también sean consumidas por los humanos. También se describe como las habas y las arvejas (probablemente guisantes) necesitan suelos de más calidad e irrigación que el resto de especies.

Aunque no se conociese el motivo ya se señalan algunas leguminosas como fertilizantes de los suelos, aunque no a todas ellas, y como se observa posibles toxicidades en el consumo de yeros y vezas por algunos animales, sin embargo, no se describen problemas en humanos.

Es interesante como en todas las fuentes se observa el uso de harinas de leguminosas tanto en la elaboración de panes para consumo humano y también para la elaboración de piensos. Otra información muy importante es la cotidianeidad de su consumo, aunque fuesen alimentos más asociados a las clases bajas ya que demográficamente serían las mayoritarias y su consumo sería elevado.

Respecto al almacenamiento, se describe cómo se conservan en tinajas, graneros elevados y trojes, sin embargo, cuando se describen los silos subterráneos únicamente se mencionan a algunos cereales como el trigo y la cebada.

2 Datos carpológicos del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.

2.1 Introducción al capítulo

Una de las vías principales de esta investigación ha sido la recopilación de los datos de macrorrestos de frutos y semillas existentes en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C. Con esta información se puede investigar sobre las diferencias y semejanzas de las regiones y cronologías estudiadas además de la relación existente entre las leguminosas y otras especies vegetales con importancia económica. No se han recogido los datos aportados por otros restos botánicos como fitolitos o almidones ya que debido a sus escasos restos no aportan información suficiente para realizar una síntesis.

Como el objeto de estudio son las especies cultivadas de leguminosas, se han obtenido estos datos siempre teniendo en cuenta esta perspectiva. Por este motivo la información de los yacimientos donde no se han encontrado evidencias de especies cultivadas de esta familia no se han desglosado los datos muestra por muestra, utilizando solo los números totales de las especies identificadas en ese yacimiento y su ubicuidad.

En todo el marco geo-cronológico no se ha identificado ninguna leguminosa cultivada embebida o mineralizada. En toda el área existen 7 yacimientos con materiales arqueobotánicos embebidos y carbonizado, uno se sitúa en Cataluña, Vilars, mientras que el resto son yacimientos situados en Languedoc. En ninguno se han identificado semillas de leguminosas embebidas, en 3 tampoco hay leguminosas carbonizadas. En los 4 restantes con leguminosas carbonizadas se han identificado pocas leguminosas: Vilars, en sus fases contemporáneas a las embebidas tiene 2 leguminosas indeterminadas, 4 lentejas y un haba; la Fangade 2 almortas; Port Ariane tiene 10 almortas, 7 lentejas, 9 guisantes y 2 yerros. La única fase yacimiento que tiene un alto número de individuos de leguminosas cultivadas, pero no embebidas es Lattara. Con esta escasez de datos no se puede establecer ninguna interpretación ya que son casos muy escasos y concretos, salvo Lattara, aunque parece evidenciarse una tendencia en la cual las leguminosas parecen no estar expuestas a este tipo de conservación ya sea por causas tafonómicas al no conservarse bien en estas condiciones o por cuestiones agroalimentarias, no estando expuestas a este tipo de conservación.

Al obtener solo leguminosas cultivadas carbonizadas, nos ha permitido realizar un solo tipo de cuantificación a diferencia de otros trabajos (Bouby, 2014; Pinaud-Querrac'h, 2021), ya que al centrar el estudio en estas especies no se ha considerado necesario recoger la información de otras especies embebidas o mineralizadas.

Por otro lado, no se han localizado en ningún yacimiento la presencia de restos de los frutos de las leguminosas, salvo los funículos de las almortas de la UE 12017 de La

Monédière (Pinaud-Querrac'h, 2021), habiendo documentado solo semillas y fragmentos de semillas de especies de legumbres cultivadas. Por este motivo no se han añadido los datos de los restos de trilla de los cereales como glumas, raquis, segmentos o nudos de raquis, aristas u otros elementos, ya que no se han conservado sus homólogos en las leguminosas, no pudiéndose realizar comparaciones entre ambos tipos de restos y al ser el centro de esta investigación no se ha considerado necesario recopilar este tipo de datos de otras especies.

Este apartado de síntesis se basa en datos muestreados y analizados por otros autores, de manera que no se ha considerado necesario presentar un apartado dedicado específicamente a la metodología de recuperación de restos, por otro lado, muy variada, según la bibliografía consultada. Por este motivo no hemos considerado oportuno describir los diferentes sistemas de muestreo por los cuales se pueden recuperar los macrorrestos arqueobotánicos, remitiendo a las personas interesadas en este tema a algunos trabajos metodológicos existentes sobre esta temática. (Buxó & Pique, 2000; Pearsall, 2000; Popper & Hastorf, 1988). Tampoco se ha realizado la identificación de estos restos concretos, de nuevo dirigimos a los lectores interesados a las obras donde se describen los criterios de identificación establecidos de las características morfo-anatómicas (Jacomet, 2006a; Schoch et al., 1988; Van Zeist & Bakker-Heeres, 1982), o a través de comparaciones con las fotografías de atlas de semillas actuales (Anderberg, 1994; Cappers et al., 2006, 2009; Nesbitt, 2006; Sabato & Peña-Chocarro, 2021) o con comparaciones directas con colecciones de referencia. Para más detalle se puede consultar las metodologías de muestreo y de identificación realizado en cada yacimiento publicado dirigiéndose a la bibliografía citada.

Al tratarse de un trabajo de síntesis hay que tener en cuenta que la información pertenece a una amplia zona geográfica, existen varios grupos de investigación diferentes, con diferentes sistemas de muestreo y cuantificación de datos. Estas diferencias son especialmente evidentes en los trabajos más antiguos ya que la forma de investigar en este campo ha ido evolucionando a lo largo de los años. Para poder realizar comparaciones válidas entre todos los datos obtenidos hemos establecido diferencias respecto a la fiabilidad de la información publicada, esta clasificación se ha establecido según el sistema de muestreo utilizado para adquirir los restos arqueobotánicos, la luz de malla más pequeña utilizada en cada caso y la forma de cuantificar los restos de frutos y semillas arqueológicos. Este tipo de clasificación ya se ha aplicado en otros trabajos de síntesis similares (Bouby, 2014; Pinaud-Querrac'h, 2021; Ros, 2020).

En este capítulo se detalla cómo se han recopilado los datos de frutos y semillas tanto publicados como inéditos, cedidos amablemente por sus autores. También se describe qué metodología hemos establecido y aplicado para realizar la síntesis de leguminosas cultivadas y que resultados se han obtenido.

2.2 La agricultura en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.

En las sociedades pre-industriales productoras la agricultura y la ganadería son las principales actividades económicas, por lo que su estudio es básico para conocer las dinámicas socio-culturales de estas poblaciones. En el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., se han realizado amplias investigaciones sobre la agricultura en las diferentes regiones que componen esta área. Entre los autores que han realizado más estudios desde los años 90 en el sureste destacan Eva Montes Moya (Montes Moya, 2008, 2011, 2014, 2015), Núria Rovira (Canal & Rovira, 2001; Rovira, 2000, 2007), Hans Peter Stika (Celma Martínez & Stika, 2020; Stika, 2000; Stika, Berihuete, et al., 2017; Stika, Heiss, et al., 2017; Stika & Heiss, 2013; Stika & Jurich, 1998), los trabajos realizados desde la Universidad de Murcia por Diego Rivera y María Luisa Precioso (Ayala Juan & Rivera, 1990; Precioso, 2003, 2004a, 2004b; Precioso & Rivera Núñez, 2005; Rivera & Obón, 2005; Rivera Nuñez et al., 1988; Rivera Nuñez & Obón, 1987) y los trabajos de Ramón Buxó (Buxó, 1993, 1997). Otros investigadores también han trabajado en este área, como Leonor Peña Chocarro o Guillem Pérez Jordà (Peña-Chocarro, 2000; Pérez Jordà inédito; Pérez-Jordà et al., 2017) y otros autores que han realizado estudios puntuales (Arnanz, 1991, 2000; Català, 1999). Las investigaciones más antiguas son las realizadas por María Hopf, a pesar de que sus estudios se centran en el Neolítico, realizó el análisis de los materiales carpológicos de Ifre (Hopf, 1991). Los primeros estudios arqueobotánicos realizados en el sureste fueron realizados por los hermanos Siret durante las excavaciones de diversos yacimientos de la cultura argárica (Siret & Siret, 1890). Netolitzky (1935) publicó también evidencias de semillas arqueológicas de esta zona.

En la región central de este estudio, más o menos correspondiente al País Valenciano, durante el eje cronológico establecido, destacan las investigaciones realizadas por Guillem Pérez-Jordà (Aguilella Arzo et al., 2016; Pérez-Jordà, 1995, 1998, 2002, 2003, 2006, 2007, 2016; Pérez-Jordà et al., 2000, 2001, 2011; Pérez-Jordà & Carrión-Marco, 2011; Quixal Santos et al., 2016; Vicente Gabarda et al., 2016); también ha realizado investigaciones de cronologías anteriores, realizando una síntesis general de la agricultura en esta región desde el VI milenio a.C. hasta el I milenio a.C. (Pérez-Jordà, 2013). Otros investigadores con publicaciones anteriores en Valencia durante el II y I milenio a.C. son Ramón Buxó (Buxó, 1993, 1997) y María Hopf (Hopf, 1972).

En el área del Noreste de este trabajo, región que prácticamente se corresponde con Cataluña, hay numerosos estudios de varios investigadores sobre la agricultura del II y I milenio a.C. Por cuestiones histórico-culturales, geográficas y por los equipos de investigación que han estudiado el noreste, podemos diferenciar claramente la parte occidental de la oriental. La primera se corresponde con el extremo nororiental de la Depresión del Ebro, incluyendo también los valles Prepirenaicos, región estudiada principalmente por Natàlia Alonso (Alonso, 1992, 1997, 1999, 2000; Alonso et al., 2002, 2006; Alonso, 2008; Alonso, et al., 2008; Alonso, 1995; Alonso & Buxó, 1995; Ferrio, et al., 2006a; Pérez-Jordà et al., 2007); otro investigador que ha trabajado en la zona es Dani

López, con el estudio de Sant Esteve d'Olius (López, 2008) y otra serie de trabajos inéditos en Pla del Tabac y Els Estinçells. En la Cataluña oriental, compuesta por las cordilleras Prelitoral y Litoral, por las depresiones Litorales, Prelitorales y la costa, los estudios sobre agricultura del II y I milenio se han realizado por diversos autores, como Ramón Buxó (Buxó, 1989, 1993, 1997; Canal & Buxó, 2002; Rovira & Buxó, 1999), Natàlia Alonso (Alonso, 2008; Alonso & Canal, 2009), Carmen Cubero (Cubero, 1993, 1996, 2000), David Canal (Alonso & Canal, 2009; Canal, 2001, 2000; Canal & Buxó, 2002) y Núria Rovira (Rovira & Buxó, 1999). Dani López ha publicado numerosos estudios en la región (Hinojo García & López, 2008; López, 2004, 2006a, 2006b; López, Buxó, et al., 2011; López et al., 2015), además de muchos otros inéditos en el momento de este estudio, los cuales nos han sido cedidos amablemente y han sido de gran importancia para desarrollar nuestra investigación.

En el área del norte de nuestro marco geográfico se correspondiente a las regiones históricas del Rosellón y Languedoc, excluyendo la comuna de Lozère. El investigador que más ha trabajado aquí durante finales de los años 80 y los 90 en yacimientos con cronologías del II y I milenio a.C., es Philippe Marinval (Marinval, 1988; Marinval, 1985; Pernaud et al., 1990), con bastantes trabajos inéditos que han podido consultarse a través de publicaciones posteriores de otros investigadores. En esta época también Jean Erroux realizó una serie de trabajos en el área (Dedet, et al., 1980; Erroux, 1981, 1984, 1996; Roudil et al., 1993) además de otros inéditos que se han consultado en obras posteriores de otros autores. Willem van Zeist estudió los restos de Cazals en la década de los 80 del siglo XX (Van Zeist et al., 1983). Ya en el siglo XXI Laurent Bouby ha realizado una profunda investigación de la zona durante el II y I milenio a.C., con una obra de síntesis de esta región además de la Provenza y del valle del Ródano (Bouby, 2014), también ha publicado otros estudios de esta área en esta cronología (Bénezét et al., 2012; Bouby, 2010; Bouby et al., 1999, 2005, 2014; Ruas & Bouby, 2009) además de otros trabajos inéditos. Isabel Figueiral ha realizado investigaciones en el área durante el marco cronológico de nuestro trabajo (Mazière et al., 2013; Séjalon et al., 2013) además de otros inéditos. Núria Rovira es otra investigadora con numerosas publicaciones en esta región en el periodo analizado (Alonso, et al., 2008, 2011; Alonso & Rovira, 2009, 2010, 2016; Dedet et al., 2012; Marinchal & Rebe, 2003; Rovira & Alonso, 2018), en algunos de ellos en colaboración con Natàlia Alonso y Ramón Buxó, autor que también ha estudiado otros yacimientos del área (Buxó, 1993, 1997). Por último Rachël Pinaud-Querrac'h, ha estudiado nuevas fases de diferentes yacimientos anteriormente estudiados además de otros nuevos en su investigación doctoral (Pinaud-Querrac'h, 2021).

Otros estudios realizados son transversales a varias regiones del marco geográfico estudiado en este trabajo durante el II y I milenio a.C., como la tesis de Ramón Buxó (1993), en la cual se analiza la agricultura en las mismas 4 áreas aunque desde el Neolítico hasta la Edad del Hierro. Un estudio general trata sobre la arboricultura en el Mediterráneo Occidental durante el I milenio a.C. (Pérez-Jordà, et al., 2021a); mientras que otros tratan sobre los frutales cultivados en toda la Península Ibérica (Pérez-Jordà, et al., 2021b) o sobre frutos silvestres en las regiones mediterráneas de la Península Ibérica (Alonso et al., 2016). Entre las regiones del Norte y Noreste se ha realizado varios trabajos

de síntesis entre ambas áreas (Alonso & Bouby, 2017); también entre Cataluña y Valencia (Alonso & Pérez-Jordà, 2019; Pérez-Jordà et al., 2007).

La agricultura del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., tiene un componente principal cerealístico, destacando el cultivo de los trigos desnudos y la cebada vestida, con una presencia bastante alta de la cebada desnuda durante el II milenio a.C., en el sureste, noreste y la región central. El mijo y panizo aparecen ya a finales del II milenio a.C. en el noreste, probablemente introducidos desde el sur de Francia. El trigo farro también tiene un papel importante en los sistemas agroalimentarios de esta área, con mayor presencia en las áreas al norte del Ebro (Albizuri et al., 2011; Alonso, 1999; López, et al., 2011).

Los frutales probablemente se comiencen a cultivar dentro del eje cronológico establecido en este trabajo; la uva, presente en todas las regiones en todos los periodos aumenta considerablemente su ubicuidad y cantidad a comienzos del I milenio a.C. en las dos regiones situadas al sur del Ebro; mientras que al norte es algo más tardío. El higo tiene una evolución paralela a la especie anterior, aunque salvo alguna excepción tiene menos individuos y ubicuidades más bajas. El olivo está presente de forma silvestre en gran parte del área de estudio, destacando más al sur del Ebro, donde aparece en todos los periodos cronológicos, aunque aumenta su importancia en el I milenio a.C., especialmente en los últimos siglos, momento en el cual podría estar cultivándose en estas dos regiones. Al norte del Ebro se han identificado muy pocos restos de esta especie y normalmente en contextos muy concretos vinculados a la presencia colonial griega o a zonas en las cuales se pueden encontrar de forma natural estos árboles, aunque muy recientemente se ha identificado en regiones más alejadas, como Vilars, Arbeca, Lleida. Otro frutal que aparece en el marco geográfico es el almendro, con restos de esta especie a comienzos del I milenio a.C. en el sur y centro, mientras que en las otras dos regiones no se han encontrado evidencias de esta especie. Los restos de granada también aparecen a partir del I milenio a.C., asociados a los enclaves coloniales fenicios en las regiones del sur y centro de este estudio, mientras que al norte del Ebro solo se ha registrado su presencia en Lattara durante la segunda mitad del I milenio a.C., un yacimiento con bastante relación con enclaves coloniales. Por último, se ha documentado la presencia de nueces en las dos regiones del norte del Ebro durante a partir de la segunda mitad del I milenio a.C., aunque su número y ubicuidad son muy escasos.

Las leguminosas, sobre las cuales nos centramos en esta investigación, aparecen de forma constante pero bastante por detrás de los cereales en el II milenio a.C. y en algunas regiones también por detrás de los frutales en el I milenio a.C. Las habas y los guisantes tienen valores relativamente altos durante todo el periodo estudiado en las diferentes regiones, aunque con matices que se verán más adelante en este trabajo. Las almortas los yeros y las vezas tienen valores muy bajos durante el II milenio a.C., aumentado posteriormente. Las lentejas están presentes en todos los periodos y regiones, pero con mayores oscilaciones que las habas y los guisantes. Por último, los garbanzos aparecen a partir del I milenio a.C., probablemente relacionado con la presencia colonial fenicia y

griega; mientras que la alfalfa solo se ha identificado al norte del Ebro, aunque con valores muy marginales.

2.2.1 La Agricultura en el Sureste

En el sureste durante el II y I milenio a.C., se han documentado sociedades más o menos complejas, con una jerarquización de los poblados y el espacio, con centros productivos especializados en diferentes actividades que ya comienzan en el III milenio a.C. (Montes Moya, 2011, 2014; Rovira, 2007). Los principales yacimientos se encuentran en altura, en posiciones estratégicas para control y defensa del territorio, sin embargo, se ha observado como la mayoría, a pesar de no encontrarse en las mejores zonas agrícolas, tienen acceso a tierras fértiles y a fuentes de agua para la irrigación, encontrándose los campos de cultivos cercanos a las zonas de habitad. En algunos casos, como en Gatas, estos poblados además de su propia producción dependerían del aporte agrícola de otros yacimientos de menos tamaño situados en zonas óptimas para la agricultura (Rovira, 2007)

En esta área durante el II milenio se observa una agricultura principalmente cerealística, con una predominancia del trigo desnudo, seguidas por la cebada vestida y la desnuda con valores generales muy similares, hecho que se diferencia del III milenio a.C., momento en el cual predominaba la cebada desnuda (Buxó, 1993, 1997; Montes Moya, 2011, 2014; Rovira, 2007). Después de estas especies se observa una importancia de las habas y los guisantes, mientras que el resto de leguminosas casi no se documentan, hay que destacar que estas dos especies son de las que más recursos hídricos de esta familia necesitan. Los trigos vestidos tendrían cierta importancia, pero de forma secundaria. En esta área destaca el trigo desnudo compacto, aunque en ocasiones se ha considerado como el trigo desnudo malformado por malas cosechas, parece ser una variedad más adaptada a climas áridos procedente del norte de África (Rovira, 2007). Otra especie cultivada en este milenio es el lino, mientras que la viña y el olivo no parecen cultivarse en el II milenio, pero sí recolectarse. En el I milenio a.C., la cebada desnuda continúa descendiendo en el registro del sureste (Montes Moya, 2008), pero no desaparece, observándose un ligero ascenso a finales del mismo, mientras que a diferencia del milenio anterior la cebada vestida será la dominante en este periodo, seguida del trigo desnudo. El resto de trigos desciende durante este periodo, aunque el farro aumentará significativamente a partir del 500 a.C. El mijo se introduce a principios del I milenio a.C., disminuyendo su presencia posteriormente. Las habas y los guisantes descienden moderadamente a la par que otras leguminosas que eran muy escasas en los milenios anteriores comienzan a tener mayor importancia, como los yeros y las vezas y en menor medida las lentejas. Con la presencia de los primeros contactos coloniales, en este caso con los fenicios, se observan cambios en la agricultura, con las primeras evidencias claras de la arboricultura de diferentes especies y la llegada de otras como el garbanzo y el mijo (Buxó, 1997; Montes Moya, 2014, 2015; Pérez-Jordà et al., 2021). La metalurgia del

hierro, también asociada a estos contactos en esta región cambiará la forma de cultivar los campos al introducirse nuevas herramientas de este metal.

Sobre el trabajo del suelo se han encontrado evidencias de herramientas líticas, principalmente de hachas y azadas destinadas para preparar los campos de cultivo y remover la tierra para su posterior siembra. También las láminas de sílex evidencian la utilización de hoces para la cosecha de diferentes cultivos. A pesar de existir la metalurgia del cobre y bronce durante el II milenio no parece que se realizasen herramientas en este material, reservándose para bienes de prestigio y armas. El uso del arado siempre es un tema controvertido ya que las evidencias de este tipo de aperos son muy difíciles de encontrar al realizarse probablemente de madera durante el II milenio a.C. Algunos autores creen que su utilización en esta región ya se producía en el III milenio a.C. debido a las marcas observadas en algunos bóvidos (Chapman, 1991; Gilman & Thornes, 1985) Aunque otras teorías consideran que no fue hasta el bronce final (Castro, Chapman, Gili, Lull, et al., 1999). Probablemente ya en el II milenio a.C. se esté utilizando en el sureste, ya que se observa un aumento de la producción total y de la extensión de los campos agrícolas. Con el comienzo de la metalurgia del hierro, se ha documentado un cambio revolucionario en los aperos de campo, comenzando a realizarse las antiguas herramientas líticas o de madera en este nuevo material, como en el caso de los arados, hachas, azadas u hoces. Con este nuevo utillaje las capacidades para labrar diferentes campos aumentan, siendo más efectivos la rotación de cultivos con sistemas de barbecho además de aumentar la capacidad de la siega y la aparición de nuevas herramientas destinadas a la arboricultura.

Las concentraciones de semillas arqueológicas de esta región sugieren la presencia de monocultivos, ya que las muestras que parecen representar a cultivos concretos suelen ser de una única especie de cereal, no apareciendo muestras con mezclas de especies que se puedan considerar cultivadas de forma mixta. Por este motivo se han establecido monocultivos de trigo desnudo y cebada vestida durante el II milenio a.C. en esta región, destacando esta última especie en los yacimientos de Fuente Álamo (Stika, 2000) o Peñalosa (Arnanz, 1991; Peña-Chocarro, 2000); mientras que en Terlinques parecen existir monocultivos de farro (Rovira, 2007). Sin embargo, en el III milenio a.C. se han documentado dos concentraciones de habas asociadas a cebadas desnudas, aunque no se hayan considerado como evidencias de cultivos mixtos por que las prácticas de procesado respectivas son muy distintas (Rovira, 2007), nosotros consideramos que sí podrían serlo debido a las formas de cultivo tradicionales observadas en algunas regiones de Europa en las cuales se documentan cultivos de estas dos especies juntas, destinando la cosecha a forraje (Bond et al., 1985). La presencia de monocultivos de habas y guisantes también se observa en el II milenio a.C., aunque en ocasiones sí que podrían estar cultivadas con cereales, ya que en Los Castillejos aparecen muestras de una especie de cereal (ya sea trigo desnudo o cebada vestida) con habas, que podrían indicar este tipo de cultivos. Durante el Bronce final la agricultura se vuelve a diversificar, abandonando el monocultivo principal de una especie en un yacimiento, volviendo a un sistema más parecido al del III milenio a.C. En el I milenio aparecen evidencias de monocultivos de especies que anteriormente no se habían identificado, como de yeros y vezas, aunque en

cierta forma aparecen en conjunto, pudiendo ser evidencias de cultivos mixtos, también en otras ocasiones con diferentes especies de cereales.

Se ha establecido que a partir del IV milenio a.C., pero especialmente en el III, ya se comiencen a realizar rotaciones de cultivos, juntamente con el barbecho, especialmente con la introducción del arado en las labores de labranza. Sin embargo, parece que no se ha realizado de forma continua o intensiva (Rovira, 2007), aunque en el II y especialmente en el I milenio serían algo más frecuentes. Como evidencias de estas rotaciones se utilizan muestras arqueobotánicas que contengan mayoritariamente una especie con porcentajes marginales de otra, que sería una referencia del cultivo anterior; aunque esto también podría reflejar un cultivo mixto, mezclas posteriores a la cosecha o incluso especies cultivadas que actúan como mala hierba. Al identificarse solo leguminosas que mayoritariamente se cultivan en terrenos irrigados, parece poco probable la alternación de cultivos entre cereales y leguminosas en cultivos de secano, realizándose únicamente en los de regadío, cuestión que se trata en el apartado 5.3 de la discusión.

La irrigación o el secano es un tema muy importante para estudiar e interpretar los sistemas agrícolas del pasado. En el sureste durante el II milenio a.C., se han establecido dos ideas principales; una en la cual el clima era árido y existía la necesidad de irrigar todos los campos de cultivo (Chapman, 1975, 1991; Gilman, 1976, 1997) y la idea más generalizada de un medio más húmedo que el actual, en el cual se podría practicar una agricultura de secano sin irrigación (Araus et al., 1997; Lull, 1984; Risch, 1995) entre otros autores. Sin embargo, los datos observados en el sureste, muestran que algunas especies, como las habas, los guisantes y el lino, necesitarían una irrigación adicional. También se han observado la presencia de especies adventicias de medios húmedos, que junto a los resultados de los análisis de isótopos estables llevan a la idea de un cultivo de secano con una irrigación a pequeña escala y limitada a aquellas áreas de condiciones favorables como las inmediaciones o los márgenes de los ríos, en los cuales se cultivarían las especies que necesitan una mayor humedad (Rovira, 2007). Respecto a las estructuras de irrigación estas prácticamente no han llegado hasta la actualidad, ya que las existentes parecen estar destinadas al consumo humano dentro de los poblados (cisternas y otras estructuras de almacenamiento) y no tanto a sistemas de regadío, salvo algún caso concreto (Lull et al., 2010). El estudio doctoral de Adrián Mora sobre la irrigación ha llevado a establecer la presencia de una irrigación de las leguminosas en el sureste y en ocasiones de los cereales a partir del 2400 a.C., cuando parece observarse un aumento de la aridez de la región (Mora González, 2017). Otros estudios proponen la no irrigación de los cereales, explicándose los escasos casos en los que los valores de $\Delta^{13}\text{C}$ son relativamente más altos por el cultivo en zonas con el nivel freático más alto accediendo las plantas a niveles de mayor humedad sin irrigación adicional; mientras que las leguminosas sí que estarían irrigadas (Araus et al., 1997; Ferrio et al., 2005). Las diferencias existentes entre los cultivos actuales y los observados en diferentes momentos arqueológicos se debería a una mayor precipitación durante la edad del Bronce y del Hierro que la actual. Para el I milenio prácticamente no hay estudios de este tipo, salvo en Fuente Amarga y Puente Tablas (Araus et al., 1997), que puedan establecer sistemas de irrigación o secano, pero parece continuar la misma forma de cultivo que en los

periodos anteriores, con la diferencia de que las especies de leguminosas que aumentan su presencia en este periodo (vezas y yeros principalmente) se cultivan en entornos de seco, ya que están muy adaptadas a la escasez de precipitaciones y a la aridez.

La cosecha de los cereales, según la altura de las plantas adventicias documentadas puede haberse realizado arrancando las plantas de raíz o segando a media altura (Rovira, 2007), pero la primera forma es muy poco común en los cereales según la información etnográfica e histórica; sin embargo, en las leguminosas si es habitual este tipo de cosecha (Paul Halstead, 2014).

Los sistemas de almacenamiento documentados en la región son los silos, los recipientes cerámicos o contenedores, no documentándose otros tipos de estructuras. Respecto a los tratamientos anteriores a su depósito no existen muchas evidencias arqueológicas sobre la trilla, el aventado y otros procesos posteriores a la cosecha. Sin embargo, sí que se han observado diferentes molinos que pueden utilizarse tanto para cereales como para otras semillas, como en el caso del Cerro de la Cruz, donde se recuperó un molino asociado a una concentración de yeros (Aranz, 2000).

2.2.2 La Agricultura en el País Valenciano

El tipo de sociedades documentadas durante el II y I milenio a.C. es semejante a las observadas en el sureste, son complejas, con una jerarquización de los poblados y el espacio, con centros productivos especializados en diferentes actividades económicas cuya complejidad ira aumentando en el I milenio a.C.

Durante el II milenio se documenta un dominio de la agricultura cerealística de los trigos desnudos y las cebadas vestidas, con un notable descenso de los trigos vestidos y el desplazamiento paulatino de la cebada desnuda por la vestida hasta desaparecer a mediados del II milenio a.C. Entre las dos principales especies, el trigo desnudo domina habitualmente en todos los yacimientos salvo alguna excepción. Las leguminosas tienen un papel secundario con escasas concentraciones y apareciendo normalmente vinculadas a cereales, siendo interpretado como posibles mezclas que se producen en las zonas de procesado o de malas hierbas dentro de los cereales, tanto de forma natural o como resultado de una posible rotación de cultivos (Pérez-Jordà, 2013). Predominan las habas y los guisantes, como en el sureste, mientras que las lentejas, las vezas y los dos tipos de almorta se documentan, pero con una presencia muy poco destacada. No se han identificado restos de mijo ni de lino. Parece haber evidencias del cultivo de adormidera, pero su difícil identificación respecto a las especies silvestres dificulta esta identificación. En esta región parece explotarse el cerezo silvestre (*Prunus mahaleb*) sin llegar a cultivarse, hecho similar a la viña. Durante el I milenio destaca el cultivo de la cebada vestida sobre el trigo desnudo, siendo, de nuevo, las especies de cereales predominantes. A partir del siglo VIII a.C. se vuelve a detectar el lino en la región además de aparecer el

mijo en el País Valenciano, el cual comenzará a tener cierta presencia, junto al panizo, en los yacimientos cuya principal especie cultivada es el trigo desnudo. Las leguminosas mantienen un esquema similar a los de los milenios anteriores, con una frecuencia baja y con pocas concentraciones. Existe un cambio sustancial en el cual las especies de secano van ganando fuerza a partir del 500 a.C., destacando los valores de la veza, la única leguminosa con concentraciones durante el I milenio a.C. y las almortas, cuyos valores de frecuencia relativa y ubicuidad aumentan significativamente; a principios de este milenio y probablemente ligado a la colonización fenicia, se han documentado los primeros restos de garbanzos en el País Valenciano. Las leguminosas con necesidades hídricas más elevadas continúan con valores semejantes a los milenios anteriores, aunque con un aumento de las lentejas, las cuales también pueden cultivarse en secano. Durante este milenio parece evidenciarse el cultivo de diferentes especies de frutales, siendo el gran cambio en la agricultura respecto a los periodos anteriores, existiendo evidencias claras de una arboricultura, ya que comienzan a recuperarse restos de forma abrupta (Pérez-Jordà, 2013). Su cultivo está ligado a las primeras presencias coloniales en la región, especialmente con los fenicios, ya que las evidencias más antiguas de la arboricultura se encuentran en la Fonteta, yacimiento portuario considerado como colonia fenicia (Barrier & Montenat, 2007; Rouillard et al., 2007).

En los útiles agrícolas documentados en el II milenio a.C. no parece existir un cambio sustancial, continuando con la tradición del milenio anterior y con una gran similitud con el mismo periodo en el sureste; son en su mayoría líticos, destacando las hachas y azuelas de piedra, mientras que el principal elemento de sílex son los dientes de hoz, con cambios sustanciales en los filos, que pasan a ser dentados en lugar de lisos (Cabanilles, 2009). Las marcas observadas en bovinos se pueden interpretar como una señal de la continuidad del uso de los arados, presumiblemente de madera, para labrar los campos (Pérez-Jordà, 2013). En el primer milenio, en torno al siglo IX, las hojas de sílex de hoces desaparecen de algunas zonas de Andalucía y del sur del País Valenciano, este hecho no se ha podido explicar certeramente al no haberse encontrado hoces que puedan sustituir a las de sílex, pudiendo realizarse de algún material metálico, los cuales suelen reutilizarse para realizar nuevos objetos; otra posibilidad es que la cosecha se realizase arrancando las plantas de cereales y leguminosas, aunque todo ello no está claro (Pérez-Jordà, 2013). Sin embargo, a partir del siglo VII a.C. el hecho que cambiará de forma radical el trabajo agrícola fue la metalurgia del hierro y su aplicación en las herramientas del campo. Su registro es muy escaso, debido a su posibilidad de reutilización, apareciendo las primeras grandes colecciones de herramientas en torno al siglo V a.C. (Pérez-Jordà, 2013); momento en el cual, se ha interpretado, que su precio comenzó a disminuir siendo más probable que se abandonasen en diferentes contextos en lugar de reutilizarse. Los principales objetos para remover la tierra son las rejas de los arados, las azadas, los legones, las layas, los tridentes o las alcotanas; para eliminar las malas hierbas se documentan escardillos o azuelas; sin embargo, uno de los objetos más documentados son las hoces de hierro. Otro tipo de herramientas está vinculado a la arboricultura, como los podones y los corquetes.

En los sistemas de almacenamiento, durante el II milenio, se observa un cambio drástico paralelo al cambio de asentamiento, cuando los poblados se trasladan de los llanos a las

laderas, abandonándose el uso de silos y no existiendo ningún método de almacenamiento a gran escala, pasando a sistemas domésticos y de capacidades menores. Las estructuras utilizadas, en su mayoría, no tienen un control atmosférico, utilizándose probablemente sacos o cestos de esparto, vasos cerámicos o posibles contenedores construidos con madera, tierra, piedra u otros materiales perecederos; como los trojes documentados en Terlinques, Puntals dels Llops, Cabezo Redondo. En otros yacimientos se han documentado espacios de gran tamaño en los cuales se podría almacenar diferentes cantidades de trigo en sacos, recipientes cerámicos, cestas u otro tipo de contenedores, sin embargo, no tendrían la capacidad de los silos (Pérez-Jordà, 2013). En el I milenio a.C., aparece una nueva estructura de almacenamiento, los graneros sobre-elevados, siendo más característicos de las comarcas del norte del País Valenciano y del sur del Ebro. También continúa la utilización de los trojes y de los almacenes o diferentes habitaciones en las cuales se colocarían recipientes cerámicos o textiles con grano en su interior (Pérez-Jordà, 2013).

Los datos disponibles del área valenciana durante el II milenio a.C., ha llevado a proponer un sistema de cultivo extensivo, más similar a los del V y IV milenio a.C. en esta región, con el predominio de dos especies de cereales sobre el resto, la menor variedad de especies cultivos y la falta de especies de regadío salvo algunas leguminosas, aunque tienen menos presencia que en el sureste. Los análisis de isótopos de carbono 13 respaldan esta hipótesis ya que las fluctuaciones del clima, con una primera mitad del milenio algo más árida y una segunda mitad más húmeda se refleja tanto en las semillas de cereales como en los estudios paleoclimáticos (Pérez-Jordà, 2013). Se podría realizar cierta rotación de cultivos entre cereales y leguminosas, pero hay que tener en cuenta que las habas y los guisantes, las leguminosas más frecuentes en este periodo, suelen necesitar un mayor aporte hídrico. Sin embargo, estas rotaciones se podrían dar en los campos de cultivo con una posible irrigación o con mayor humedad, mientras que en las zonas de secano se podrían utilizar las variedades de guisantes en seco. La escasa presencia de vezas y almortas podrían ser referentes de especies silvestres, no pudiendo determinar su cultivo, aunque si son especies muy adaptadas al secano y la aridez, siendo muy buenas opciones en los sistemas de rotación de cultivos. En el primer milenio a.C., a partir del siglo VIII, se consolida en el Mediterráneo Occidental el modelo agrario mediterráneo, siendo el País Valenciano un claro ejemplo de ello; basado principalmente en el cultivo de cereales y leguminosas añadiéndose los frutales. El modelo se basa en un barbecho bienal con cultivos intensivos establecidos en huertas. Aunque existen varias hipótesis diferentes, la mayoría de estudios establecen una mayor aridez a principios del I milenio a.C. con un incremento de la pluviometría a mediados del mismo (Aguilera et al., 2012). En general, los datos carpológicos, junto a los datos aportados por los análisis isotópicos y las herramientas identificadas durante este periodo (muy similares a las actuales), muestra un sistema agrícola con campos de cultivo de secano dedicados a cereales de invierno a leguminosas de secano y a frutales, además de campos intensivos irrigados, tipo huerta, dedicados a cultivos con mayores necesidades hídricas. La mejora del utillaje del campo y el incremento demográfico del I milenio a.C., permite la explotación de tierras más marginales, donde se podrían realizar cultivos de especies con menos

exigencias de fertilidad y humedad, como las vezas, las almortas o los trigos vestidos. También el aumento de la presencia de plantas arvenses, como los *Lolium* las cuales compiten mejor en suelos limosos y arcillosos podrían evidenciar este hecho (Pérez-Jordà, 2013).

2.2.3 La Agricultura en el Noreste Peninsular

En esta región, las estructuras sociales difieren a los casos anteriores. Durante la primera mitad del segundo milenio a.C. los asentamientos continúan con las formas tradicionales anteriores, basados en asentamientos productivos dispersos y construidos con materiales perecederos, asociados a numerosas estructuras excavadas en el suelo, destacando especialmente los silos. A partir de la segunda mitad se produce un cambio desigual en la zona, diferenciándose dos áreas marcadas, la parte occidental, correspondiente a la plana agrícola del sector nororiental de la depresión del Ebro, en torno a los valles del Segre y del Cinca; y la parte oriental, correspondiente a la línea de costa y las llanuras prelitorales y litorales. En el segundo caso, este tipo de estructura de asentamiento continuará hasta la Primera Edad del Hierro; mientras que en el primer caso estos modelos se abandonan y comienzan a aparecer los primeros ejemplos de arquitectura en piedra con sencillas cabañas que poco a poco evolucionarán a los primeros poblados construidos en piedra y situados en alto (López, 2000). Durante la Primera Edad del Hierro (750/700 a.C.), se manifiestan nuevos cambios vinculados con la integración del Noreste en las redes comerciales mediterráneas, especialmente por las fenicias, siendo más fuerte en las regiones costeras y en especial en la región del Ebro, apareciendo la arquitectura en piedra y pequeños poblados en la región oriental del Noreste (Sanmartí, 2004; Sanmartí et al., 2006).

En esta área predominará una agricultura cerealística más marcada que en las otras regiones, en las cuales también tiene un papel principal, aunque el peso de otros cultivos es mayor que en el Noreste. Durante la Edad del Bronce más del 95% de los restos son de cereales (Albizuri et al., 2011), mientras que en la Edad del Hierro este porcentaje es mayor del 75% salvo en el Ebro, que presenta unas características más semejantes al País Valenciano durante este periodo (López, et al., 2011). La especie principal es la cebada vestida, seguida por el trigo desnudo a cierta distancia del resto de especies, la cebada desnuda está poco presente, aunque algo más en la zona oriental. El trigo farro irá aumentando especialmente a finales del II milenio a.C., teniendo unos valores superiores al trigo desnudo hasta la segunda mitad del I milenio a.C., volviendo el trigo desnudo a superarlo. El mijo y panizo se han documentado por primera vez en la península en los valles de Cinca y del Segre en la segunda mitad del II milenio a.C. (Alonso, 1999), teniendo unos valores relativamente altos durante el marco cronológico en esta región. Durante la edad del Bronce las leguminosas son muy escasas, especialmente en el área occidental de la región (Alonso, 1999), aunque sí tienen cierta frecuencia. Durante la

Edad del Bronce destacan más las habas y los guisantes sobre el resto, aunque también se registran lentejas, yeros y alfalfa. A finales del II milenio y comienzos del I, las lentejas y las vezas ganan representatividad, por encima de las habas y los guisantes, mientras que, en la Primera Edad del Hierro, las lentejas y las almortas aumentan su frecuencia relativa y ubicuidad, siendo las principales leguminosas cultivadas, registrándose por primera vez esta segunda especie en el noreste. Las habas y los guisantes tienen cierto peso, pero en un segundo lugar, hecho bastante similar a la época ibérica. Los frutales hasta el siglo VII a.C. son recolectados, no existiendo evidencias suficientes para establecer un sistema de arboricultura; a partir de este momento y en consonancia con las regiones anteriores se comienzan a recuperar concentraciones de semillas de uva que se interpretan como el comienzo de su cultivo, paralelamente se evidenció el posible cultivo de higos, aunque no hay pruebas de la presencia del granado o del almendro, pero sí de nueces y avellanas, aunque con muy pocos restos (Albizuri et al., 2011; Alonso, 1999; Alonso & Bouby, 2017; López, et al., 2011).

Aunque no se han encontrado evidencias directas del uso del arado en el Noreste durante el II milenio a.C., sí que existen ciertos datos que pueden indicar su utilización, como en las regiones anteriores. En Europa una de las principales fuentes son las iconográficas, presentes especialmente en la zona alpina de Francia e Italia (Alonso 1999), además de algunos arados de madera encontrados en el noroeste de Europa a partir del 1500 a.C. En otras regiones se han documentado marcas de arado en el subsuelo desde el Neolítico, como en Sarnowo, Polonia (Sigaut, 1988). En general, con estos datos y las conexiones comerciales existentes con el sur de Francia y norte de Italia, ha llevado a interpretar que el arado se usaba en el noreste al menos desde el II milenio a.C. (Alonso, 1999). Los objetos líticos encontrados son similares a los de las regiones anteriores, destacando las hachas y las azadas líticas utilizadas muy a menudo en las diferentes actividades agrícolas; otra herramienta lítica son las hoces de láminas de sílex. Respecto a las hachas de bronce documentadas, es difícil de establecer si su uso era militar, de prestigio o para fines productivos, como agrícolas o forestales. A partir del siglo VI a.C., comenzará a identificarse herramientas de hierro como cuchillos, azadas dobles que permiten usarse como hacha o pico, podones, hoces y corquetos.

En los sistemas de almacenamiento se vuelven a documentar las diferencias entre el área occidental y la oriental. En esta última las sociedades productoras de la Edad del Bronce utilizan silos para almacenar las cosechas, alternados entre las cabañas construidas en un mismo yacimiento. En los valles del Segre y Cinca, esta misma dinámica se observa hasta mediados del II milenio a.C., momento en el cual estos sistemas de almacenamiento desaparecen a la par que se establecen poblados con cierto urbanismo y construcciones en piedra (Prats, 2022). Un hecho similar se observaba en el País Valenciano, no existiendo este tipo de estructuras en todo el marco cronológico establecido en este trabajo (Pérez-Jordà, 2013). El tipo de almacenaje propuesto se basa en sistemas sin control de la atmósfera como recipientes cerámicos o de materiales perecederos, de pequeñas dimensiones y con un carácter más familiar (Prats, 2022). Algunas habitaciones de ciertos yacimientos se han identificado como almacenes en los cuales se podrían acumular los recipientes anteriores; aunque no se han identificado trojes, la existencia de pequeños

agujeros en el suelo podrían documentar una estructura de madera establecida para este tipo de almacenamiento (Francès & Pons, 1998). En el área costera los silos continúan teniendo una gran importancia durante toda la Edad del Hierro, siendo el principal sistema de almacenamiento (Prats 2022). Durante el I milenio a.C., se han documentado estructuras de almacenamiento sobre-elevados (Alonso, 1999; García & Munilla, 2000), como ya se ha definido en el País Valenciano, el área donde se encuentran estas estructuras se corresponden al área meridional de Noreste, colindante con el caso anterior.

A pesar de que se ha considerado que la alternancia anual entre cultivo de cereales y barbecho (ciclo bienal estricto) se desarrolló plenamente en el primer milenio a.C., sí que podrían utilizarse ciertas formas más sencillas de rotación de cultivos de ciclos cortos anteriormente en el noreste, al menos desde la introducción del arado (Albizuri et al., 2011; Alonso, 1999). Sin embargo, el uso de las leguminosas en esta alternancia es más discutido, al menos hasta la aparición de las leguminosas de secano en la región oriental durante el I milenio a.C. (López, et al., 2011) cuando podrían alternarse con cereales, incluso estableciéndose las rotaciones trienales, aunque es muy discutido que esto se realizase durante la protohistoria (Alonso, 1999). Los análisis realizados de isótopos estables tanto en carbones como en semillas arqueológicas (Aguilera et al., 2009; Ferrio et al., 2006, 2008) muestran como en el llano occidental catalán las precipitaciones serían superiores a las actuales tanto en el II como en el I milenio a.C., mientras que en la costa serían más o menos similares a las actuales. El estudio isotópico realizado sobre carbones de pino carrasco (*Pinus halepensis*) en las llanuras del Segre y Cinca, muestra periodos más húmedos (1500-900 a.C. y 300 a.C.-300 d.C.) y otros más áridos (900-300 a.C.) aunque siempre por encima de los valores áridos de la actualidad (Ferrio, et al., 2006) al realizarse el estudio tanto en carbones como en semillas ha permitido observar que los valores son similares en ambos tipos de materiales, por lo que estos cereales se estarían cultivando en condiciones de secano. Probablemente este hecho también sucediese en la zona oriental del Noreste, ya que su pluviometría es mayor y los cereales no necesitarían aportes hídricos extras. Las leguminosas en el noreste, probablemente se estuviesen cultivando en huertos en los cuales se pudiesen irrigar, al menos durante el II y I milenio a.C., especialmente las especies con más necesidades hídricas como las habas, los guisantes y en cierta forma las lentejas. En las leguminosas del Noreste no se han realizado análisis isotópicos, por lo que no existe información directa sobre su irrigación, sin embargo, la similitud de los sistemas de cultivo con las otras regiones podría evidenciar una irrigación, al menos en las habas, como se ha evidenciado en el sureste (Araus et al., 1997). En época ibérica cereales como la cebada vestida y los mijos podrían estar cultivándose conjuntamente como cultivos de primavera, si estuviesen destinados a forraje (López, et al., 2011). Un caso singular es el de Sant Jaume durante la Primera Edad del Hierro, ya que la presencia de mezclas de almortas con trigos vestidos y cebadas podrían indicar algún tipo de cultivo tipo comuña, descrito etnográficamente como común para alimentar al ganado (López, et al., 2011).

2.2.4 La Agricultura en el Languedoc y el Rosellón

En la región más septentrional de nuestro estudio, correspondiente a la región del Rosellón y los departamentos costeros del Languedoc (Aude, Hérault y Gard). Durante la Edad del Bronce y la Primera Edad del Hierro el tipo de asentamiento es menos complejo que en las regiones anteriores, con hábitats tanto en llanura como en cueva, formados por cabañas y estructuras de materiales perecederos. En la II Edad del Hierro, a partir del siglo VI a.C., se documentan los primeros poblados en altura con urbanismo, situados en un primer momento en la costa de esta región (Py, 2012). Durante la edad del Bronce antigua y media no hay casi información de frutos y semillas de leguminosas, no teniendo evidencias de yacimientos con este tipo de restos hasta el Bronce Final (1400-1200 a.C.).

La agricultura, como en los casos anteriores, está basada en el cultivo de los cereales. La especie predominante en todo el eje cronológico es la cebada vestida, con valores muy altos respecto al resto de especies. En un segundo lugar se encuentra el trigo farro durante el Bronce Final, pasando el trigo desnudo al segundo puesto durante la Edad del Hierro. Otros trigos vestidos, como la espelta y la escaña menor, tienen un papel importante durante el Bronce, pero descienden durante ambas edades del Hierro, especialmente la primera especie, que no vuelve a documentarse. El mijo y el panizo tienen valores algo más bajos, pero relativamente constantes durante todo el eje cronológico (Bouby, 2014; Pinaud-Querrac'h, 2021). Las leguminosas más representadas durante el Bronce Final son las habas y los guisantes, con valores más destacados respecto al resto de leguminosas, cuyos valores son bajos, como en el caso de las lentejas, las almortas, los yeros y las vezas. A partir del siglo VIII/VII a.C., se produce un cambio, predominando especialmente las lentejas y los yeros, seguidas de las almortas, mientras que las habas y los guisantes descienden a niveles muy bajos. Por último, en la segunda Edad del Hierro, las almortas y las lentejas aumentan considerablemente su presencia, continuando siendo las especies más abundantes, seguidas por los guisantes y las habas, que también aumentan sus valores, aunque se encuentran a cierta distancia de las primeras. Los yeros mantienen su presencia más o menos similar al periodo anterior, pero al aumentar el número de individuos y la ubicuidad de las especies anteriores ahora se encuentra por detrás de ellas. La veza y la alfalfa presentan valores muy bajos, prácticamente marginales, caso muy similar al garbanzo, aunque es la primera vez que se documenta en la región (ver capítulo 2). Como en las regiones anteriores no parece producirse un desarrollo o introducción de la arboricultura durante la edad del Bronce, especialmente teniendo en cuenta que algunos autores consideran a estas sociedades todavía seminómadas (Py, 2012), por lo que no podrían realizar este tipo de cultivo de rendimiento aplazado. Durante la segunda mitad del II milenio a.C., se han identificado restos de avellanas y de uva con valores relativamente importantes, pero no lo suficiente para considerarse especies cultivadas, por lo que probablemente procedan de trabajos de recolección. Durante la Primera Edad del Hierro, la presencia de uva aumenta, mientras que el resto de frutales prácticamente no se documentan. Ya en la Segunda Edad del Hierro, los valores de la uva ascienden drásticamente, a la par que los de higo, aunque

con valores bastante menores. Por último, en este último periodo aparece un cierto número de restos de olivas (Bouby, 2014; Pinaud-Querrac'h, 2021; Ros, 2020).

En las regiones colindantes al área de estudio se han identificado marcas de arado en campos agrícolas datados en el Bronce Antiguo en Aquitania y del Bronce Final en la Provenza. También en la región al sur de los Alpes se han identificado pinturas rupestres que representan arados en el III milenio a.C. (Saulieu & Serres, 2006). En el Languedoc hay representaciones del arado a finales de la Edad del Bronce (Py, 1990) además de un posible trozo de un timón de un arado en el siglo V a.C. en Lattara. Otro tipo de herramientas documentadas son las hoces líticas, de las cuales se conservan restos de la madera, hecho que no sucede en las regiones peninsulares. Ya a partir de la Edad del Hierro se documentan hoces de hierro, hecho similar al resto de áreas estudiadas (Bouby, 2014).

Entre los sistemas de almacenamiento destacan los silos, los cuales aumentan su número durante la Edad del Bronce y la Edad del Hierro a pesar de que en algunos yacimientos como en Lattara no se haya identificado ninguno (Pinaud-Querrac'h, 2021). Como en las otras regiones, se han documentado distintos espacios interpretados como almacenes por su tamaño y falta de hogares, aunque no se hayan documentado restos arqueobotánicos en su interior. En este tipo de estructuras, además de cereales se pueden conservar otros tipos de alimentos como leguminosas o frutos secos, a diferencia de los silos, los cuales parecen estar destinados al almacenamiento de los cereales. En La Monédière, se ha documentado un granero sobre-elevado similar a los documentados en las áreas del Ebro y al norte del País Valenciano, mientras que en yacimientos cercanos pero ya fuera de nuestra área de estudio se han documentado almacenes elevados sobre pilastras de madera (Pinaud-Querrac'h, 2021). En La Monédière, también se han documentado diferentes recipientes de almacenamiento con concentraciones de semillas en su interior, uno de ellos está fabricado en barro y el resto son de cerámica. Por último, en este mismo yacimiento se encontraron los restos de un posible almacenamiento en materiales perecederos, ya que en un edificio se ha interpretado que en altillo o segundo piso se encontraban tres recipientes diferentes, uno con cebada vestida, cereales en general y otro con almortas, aunque muchos restos de estas últimas están fragmentados y se han clasificado como *Lathyrus/Vicia* (Pinaud-Querrac'h, 2021). En la zona 27 de Lattara se han identificado concentraciones de uvas y cebadas, además de materiales perecederos, por este motivo se ha interpretado que los restos de semillas estuviesen conservados probablemente en grandes cestos o canastas que se quemaron in situ durante el incendio del siglo V a.C. (Alonso et al., 2010). En Lattara, se han identificado tres concentraciones diferentes de almortas en el sector 2 de la zona 54, sin embargo, esta investigación se encuentra inédita.

Los sistemas de cultivo de esta región no parecen estar centrados en modelos de tala y quema, aunque pudiesen estar dándose en zonas más marginales del terreno, los datos carpológicos parecen evidenciar un tipo de cultivo más abierto, en el cual la presencia arbórea es muy reducida, por lo que estos sistemas serían característicos de las primeras fases del Neolítico, no llegando a la Edad del Bronce, salvo casos concretos (Bouby,

2014), hecho similar a las regiones anteriores. La presencia del arado puede evidenciar el manejo de amplias zonas de cultivo en un modelo extensivo, el cual continúa durante el I milenio a.C., sin embargo, la presencia de algunas especies con mayores necesidades hídricas, como algunas leguminosas u oleaginosas, podría indicar la presencia y el cultivo de pequeñas parcelas en lugares irrigados de forma intensiva.

2.2.5 Trabajos arqueobotánicos focalizados en las leguminosas

Aunque las leguminosas no han sido tan estudiadas como los cereales o los frutales, sí que se han generado diferentes investigaciones arqueobotánicas focalizadas en las leguminosas. En este apartado resumimos las publicaciones centradas en estudios arqueobotánicos o etnográficos de estas especies, no incluyendo a todos en los cuales se nombran a las leguminosas, ya que son muy numerosos y creemos que sería distorsionar el objetivo de este apartado.

Uno de los temas más tratados sobre las leguminosas es su cultivo y domesticación, destacando los trabajos de M. E. Kislev, quien propone a estas especies como las primeras cultivadas en el Próximo Oriente (1988), además de tratar de esclarecer la zona de origen y domesticación de ambas almortas, *Lathyrus cicera* y *sativus* (1989). Otro trabajo muy importante sobre la domesticación de las leguminosas en el suroeste de Asia, es el escrito por Zohary y Hopf (1973). Anne Butler, una de las investigadoras más prolíficas sobre el rol de las leguminosas en la prehistoria, también ha realizado investigaciones sobre la domesticación de estas especies (1989, 1992, 2009). Una serie de diversas investigaciones sobre la domesticación y la evolución de las leguminosas en las diferentes regiones del planeta son los trabajos de Smartt, que a pesar de no centrarse en la arqueobotánica como los autores anteriores ha trabajado mucho sobre el tema (1984, 1985c, 1985a, 1985b, 1986, 1990). Una situación similar es la de Ladizinsky, quien ha investigado sobre las leguminosas en general, publicando algún trabajo sobre la domesticación de estas especies (1975, 1987, 1989). Una investigación se ha centrado en la domesticación de las lentejas y su distribución por Europa (Ljuština & Mikia, 2010). Blumler ha creado un modelo matemático para intentar establecer estos procesos en las leguminosas (Blumler, 2010). Abbo ha realizado un trabajo experimental sobre los guisantes silvestres para analizar su relación con la domesticación de esta especie (Abbo et al., 2011). Recientemente, Rottenberg ha publicado un estado de la cuestión sobre el origen de las habas (Rottenberg, 2020).

Sobre la carbonización también se han realizado algunos trabajos concretos sobre las leguminosas, destacando el trabajo final de master de Rosenzweig (1977), publicando posteriormente, junto a Kislev, otra experimentación de este tipo (M.E. Kislev & Rosenzweig, 1989). Braadbaart autor muy prolífico sobre experimentaciones de carbonización ha publicado, junto a otros autores, una serie de estudios sobre las leguminosas (Braadbaart, Boon, et al., 2004; Braadbaart & van Bergen, 2005). Una de las

experimentaciones más recientes se ha realizado sobre semillas de judías (Hart, 2021). Valentina Caracuta, en una publicación sobre las habas, realizó una experimentación de carbonización además de otros estudios (Caracuta et al., 2015).

Otro tipo de trabajos muy numerosos son los que se centran en una especie o conjunto de leguminosas en zonas y momentos concretos. En este tipo de estudios son diversos tratando diferentes temáticas y problemáticas. Como ejemplos tenemos los estudios de Glynis Jones (Jones, 1992a) sobre el cultivo de *Lathyrus ochrus* en las islas griegas en la actualidad y la antigüedad, caso similar a la publicación de *L. clymenun* realizada en conjunto con Anaya Sarparki (Sarpaki & Jones, 1990). Esta segunda investigadora realizó una síntesis muy importante sobre el papel de las leguminosas en Grecia en la actualidad y antigüedad, justificando que eran necesarias para explotar las tierras de esta región y señaló diferentes causas sobre una posible infrarrepresentación de estas especies en el registro arqueológico (Sarpaki, 1992b). Una experimentación muy interesante acompañada de una aplicación arqueológica también en la región de Grecia y el Egeo es la realizada por Sultana Valamoti sobre la deformación de los cotiledones a diferentes procesos y sus interpretaciones de tratamiento y culinarias post-almacenamiento (Valamoti et al., 2011). Otra serie de trabajos son los liderados por Treasure, centrados en los estudios de las habas en la prehistoria británica, realizando una síntesis general de esta especie (Treasure & Church, 2017) además de otro estudio sobre isótopos estables en esta especie (Treasure et al., 2016). Otros trabajos sobre habas son los realizados por Valentina Caracuta sobre las nuevas evidencias de cuál podría ser la especie antes de la domesticación (Caracuta et al., 2016), además de otro estudio sobre su cultivo acompañado de una experimentación por carbonización y análisis de isótopos estables (Caracuta et al., 2015). Mahler-Slasky y Kislev han investigado sobre el rol de las almortas en los Balcanes y el Egeo, recopilando la información de la región en la cual parece ser probable que se haya desarrollado su domesticación en los primeros niveles Neolíticos de esta área (Mahler-Slasky & Kislev, 2010). Los yeros y su expansión por Europa ha sido investigado por Mikić, aunque con datos genéticos y con una menor perspectiva arqueológica (Mikić et al., 2011). Sobre los garbanzos, Marinova realiza una síntesis de esta especie durante el Neolítico y Calcolítico que reflejen los contactos de esta región con el resto de los Balcanes y el Próximo Oriente (Marinova & Popova, 2008). El trabajo más destacado sobre el resto es la tesis doctoral de Anne Butler (Butler, 1990), centrada en las leguminosas de la tribu *Viciae*, tanto domésticas como cultivadas, enfocando su trabajo a la observación de la testa a través tanto de un microscopio óptico como de uno electrónico; también recopila información etnográfica arqueológica e histórica que publicará posteriormente en algunos artículos (Butler, 1992, 1995, 1999), además de nuevas investigaciones sobre los tréboles (Butler, 1996) y sobre las vainas de las *Viciae* (Butler, 2002a). Otro trabajo recopilatorio es el realizado por Fuller y Harvey sobre las leguminosas cultivadas en la India (Fuller, 2006). Ferrán Antolín y Marguerita Schäfer han realizado un trabajo sobre las plagas de insectos en las leguminosas a través de las marcas dejadas por algunos insectos en las semillas arqueológicas y los insectos encontrados en algunos yacimientos lacustres de Suiza (Antolín & Schäfer, 2020). Un interesante trabajo realizado tanto en semillas de cereales y leguminosas actuales y

arqueológicas para comprobar su resistencia a los diferentes tipo de tratamientos de muestras ha sido realizado por Mareković y Šoštarić (2016). Los trabajos de síntesis más actuales sobre leguminosas han sido realizados por Filatova sobre las leguminosas “inferiores” durante la edad del Bronce en Hungría (2019) y el estudio desarrollado por Tarongi, Prats y Alonso sobre el cultivo de leguminosas en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., a través de la comparación entre datos arqueológicos y etnográficos (Tarongi et al., 2020). Un último estudio metodológico ha aplicado los análisis de morfometría geométrica través del contorno de las semillas en las leguminosas del yacimiento de Font de la Canya (Avinyonet del Penedés, Barcelona) obteniendo muy buenos datos en la aplicación de esta técnica para identificar leguminosas arqueológicas (Tarongi et al., 2021).

Una serie de trabajos realizados sobre leguminosas en el Mediterráneo Occidental recogen información puntual de algún yacimiento donde las leguminosas destacan sobre el resto de especies, como sucede en el Cerro de la Cruz (Arnanz, 2000), en algunos yacimientos de la desembocadura del Ebro (Cubero, 1996), o en el Rincón de Almendricos situado en Lorca, Murcia (Ayala & Rivera, 1990). En el sur de Francia, Marinval realizó una síntesis sobre las almortas en la región desde el Mesolítico a época romana (1986), mientras que Bouby y Léa han estudiado una concentración de vezas neolíticas (2006). Hay que hacer una mención aparte para la recopilación de las citas sobre leguminosas cultivadas observadas en las fuentes clásicas realizada por Flint-Hamilton (Flint-Hamilton, 1999).

Como ya han recogido algunos autores, (Butler & D’Andrea, 2000), los trabajos etnográficos sobre agricultura y todos los procesos agroalimentarios se han centrado en los cereales, dejando a las leguminosas en un segundo plano; sin embargo sí que existen algunas publicaciones que recogen información etnográfica parcial sobre las leguminosas y otras que están basadas en esta familia. De nuevo hay que destacar los trabajos de Anne Butler en Etiopía (Butler & D’Andrea, 2000; Butler et al., 1997; D’Andrea et al., 1997), además de otros estudios generales sobre la información ya publicada (Butler, 1990, 1992, 1995, 1999). Aunque no es un trabajo etnográfico como tal, la recopilación Realizada por Osman y otros autores sobre el rol de las leguminosas en diferentes países del Próximo Oriente y la cuenca mediterránea es muy interesante para obtener información sobre las especies de esta familia (Osman et al., 1989). Otro trabajo no etnográfico pero con ciertas prácticas tradicionales para prevenir las plagas por insectos es la investigación realizada por Singh y Emden (1979). En esta perspectiva se encuentra el trabajo agronómico de Groot, el cual recoge como proteger los diferentes granos (cereales y leguminosas) una vez almacenados de diferentes posibles plagas (de Groot, 2004), como también hacen otros autores (R. Lal & Rohilla, 2007; Mohapatra et al., 2015). Kumar y Nayak han publicado un caso similar sobre los hongos en leguminosas (2020).

Hay que hacer una mención especial a una publicación que recopila información sobre datos etnográficos de leguminas y plantas oleaginosas, el *Bulletin on Sumarian Agricultura, volumen II* editado por Postgate y Powell. Los trabajos centrados en las

leguminosas son sobre su cultivo tradicional (Van Zeist, 1985; Charles, 1985), sobre la presencia de restos arqueológicos, comparándolos con los cultivos tradicionales de la región (Eidem, 1985; Maekawa, 1985; Renfrew, 1985) y una recopilación sobre las leguminosas en los textos acadios (Stol, 1985).

Desde una perspectiva etnográfica Singh ha realizado una recopilación sobre los diferentes métodos tradicionales para descascarillar los cereales, utilizando diferentes herramientas como morteros o molinos (Singh, 1995). Otro trabajo de este tipo ha recopilado las formas tradicionales de almacenamiento de leguminosas en la India, describiendo los diferentes métodos tradicionales empleados para evitar las plagas de insectos (Reddy, 2006). Sobre especies en concretos, se ha publicado un estudio sobre el rol de los yeros en Marruecos y su importancia en los sistemas agro-alimentarios de la región (El Fatehi & Ater, 2017), mientras que en el norte de la Península Ibérica Leonor Peña Chocarro y Lydia Zapata han estudiado los pocos cultivos de almortas que quedan en la actualidad (Peña Chocarro & Zapata, 1999).

2.3 Domesticación, evolución y expansión de las especies de leguminosas cultivadas en el Mediterráneo Occidental

2.3.1 Dehiscencia, dormancia y gigantismo

Todas las especies documentadas en el marco geo-cronológico estudiado se han domesticado en la región del Próximo Oriente o en el Mediterráneo oriental. En algunas especies las diferencias entre las variedades cultivadas y silvestres no son muy grandes, considerándose la misma especie. Por este motivo es interesante describir los cambios que se producen en las leguminosas durante el proceso de domesticación, teniendo en cuenta que pueden ser diferentes dependiendo de la finalidad del cultivo, ya que en algunas ocasiones la selección se ha centrado en la obtención de las semillas, en otras en los frutos, o en su uso como forraje.

Las leguminosas cultivadas, especialmente en las que se obtiene grano, tienden a presentar una serie de rasgos que también están asociados a la evolución natural, como el gigantismo, y un hábito erecto con crecimiento compacto (Smartt, 1990). Uno de los principales rasgos que se observan en la selección de leguminosas de grano es el favorecimiento de las plantas con semillas grandes, asociada a la reducción del número de semillas por fruto y acompañado por un aumento del tamaño de otras partes de la

planta, como los frutos. Otros dos rasgos observados en los procesos de domesticación es la pérdida de la diseminación o dehiscencia y la pérdida de latencia o dormancia de las semillas (Butler, 1990). El primer caso suele ser explosivo en las leguminosas, dispersándose las semillas de las especies silvestres varios metros. En las cultivadas con menor dehiscencia, como las lentejas o los guisantes, este efecto está controlado por un único gen, mientras que, en otras especies con más dehiscencia, como los yeros, está controlado por dos, por lo que podría explicar este hecho. En las leguminosas de la tribu *Viceae*, se ha concluido que el estado de dehiscencia en esta tribu es independiente de la anatomía del carpelo, por lo que en los escasísimos restos de frutos de leguminosas arqueológicas no puede apreciarse este rasgo evolutivo (Butler, 2002).

La dormancia de las leguminosas silvestres es muy alta, pudiendo tardar hasta varios meses en germinar en condiciones de cultivo, por lo que a lo largo del tiempo han sido seleccionadas para que germinasen más fácilmente, con bajos niveles de latencia. En las leguminosas este cambio se percibe en las testas, que son más permeables en las semillas de las especies cultivadas (Butler, 2009). Se considera que las cultivadas tienen una testa más fina que las semillas de sus parientes silvestres, aunque desafortunadamente los diferentes trabajos realizados demuestran cómo solo en el caso de los guisantes existen diferencias entre la testa de los taxones silvestres y cultivados (Butler, 2009; Butler, 1990). La mayor complejidad genética de la dehiscencia en las leguminosas y mayor dispersión actual en comparación con los cereales, ha llevado a algunos investigadores a suponer que el principal rasgo de la domesticación de estas semillas fue la pérdida de latencia (Fuller & Allaby, 2009; Ladizinsky, 1993), frente a las teorías anteriores en las que se creía que era la dehiscencia (Zohary, 1989; Zohary & Hopf, 1973). También se ha propuesto una posible selección por cuestiones climáticas, siendo más resistentes las semillas más similares a las silvestres, sin embargo estas ideas surgen con datos etnográficos de Etiopía, indicando los autores la adversidad del clima de la región y la excepcionalidad de este caso concreto (Butler, 2009); sin embargo es muy interesante este estudio para explicar la gran variabilidad morfológica presente tanto en la actualidad como en el pasado de las semillas de esta familia.

De estos tres principales rasgos, únicamente el gigantismo se puede observar en los restos arqueobotánicos, aunque hay que tener en cuenta que incluso en la actualidad, debido a la gran variabilidad dentro de las especies de leguminosas cultivadas, existen semillas cuyos tamaños son prácticamente iguales en los taxones cultivados o silvestres (Butler, 2009). Respecto a la latencia, los estudios realizados (Butler, 1990) han demostrado que la composición bioquímica, que puede detectar parcialmente el nivel de dormancia, no se reflejan en la micromorfología de la testa, ni tampoco se ha encontrado una forma efectiva de análisis en restos arqueológicos (Butler, 2009) por lo que no se pudo observar este rasgo (Fuller et al., 2012).

El tamaño de las semillas de los cereales y las leguminosas en el Próximo Oriente ha ido aumentando desde el comienzo de la domesticación hasta más o menos el 6.000 a.C., durando este proceso de aumento de tamaño de las semillas o gigantismo unos 4.000 años (Fuller & Allaby, 2009). En las leguminosas el aumento de tamaño no parece ser tan

constante como en los cereales, produciéndose en un periodo de tiempo más corto, por ejemplo, los guisantes aumentan de tamaño entre los primeros 2.000 años de domesticación, no observándose cambios posteriores, mientras que las lentejas cambian más durante los 2.000 primeros años, moderándose en los 2000 años posteriores (Fuller et al., 2012). En general se observa como las leguminosas realizan su domesticación antes que los cereales, aunque lógicamente, con las adaptaciones posteriores se observarán leguminosas con semillas más grandes que las desarrolladas en este proceso, como las *Vicia faba subsp. major*.

Para definir si los restos arqueológicos de leguminosas pertenecen a especies cultivadas o silvestres, no se utilizan solo estos criterios, sino también el número de individuos en una misma muestra, hecho que no es determinante, además de la existencia de posibles cultivos mixtos o de una concentración de leguminosas con malas hierbas locales (Butler, 2009).

2.3.2 Domesticación

Las leguminosas identificadas en el Mediterráneo Occidental durante la Edad del Bronce y del Hierro, fueron domesticadas en la región de Próximo Oriente y del Mediterráneo Oriental, uno de los principales centros de origen de las especies cultivadas (Abbo et al., 2010), en paralelo con los trigos y las cebadas (Zohary & Hopf, 1973); aunque algunos autores han propuesto que se domesticasen primero debido a su menor trabajo posterior a la cosecha (M. E. Kislev & Bar-Yosef, 1988). Como en otras regiones, como Mesoamérica, Sudamérica, África o China, se observa la combinación de cereales con leguminosas, ya que se compensan agrónomicamente y nutricionalmente (Zohary et al., 2012).

Las especies silvestres de las cuales proceden las especies cultivadas estudiadas en este proyecto (*Cicer arietinum*, *Lathyrus cicera* y *sativus*, *Lens culinaris*, *Medicago sativa*, *Pisum sativum*, *Vicia ervilia*, *faba* y *sativa*), se encuentran en estado silvestre o sus primeras evidencias de cultivo están en el Creciente Fértil.

Se ha determinado que *Cicer reticulatum* es la especie silvestre del garbanzo (Abbo et al., 2010; Millán et al., 2015; Sharma et al., 2013; Zohary & Hopf, 1973; Zohary et al., 2012), ya que son muy semejantes y en ocasiones se han establecido como subespecies (Moreno & Cubero, 1978; Zohary et al., 2012). Actualmente se encuentra solo en el sureste de Turquía (fig. 2.1), por lo que evidencia su posible domesticación en el área del Creciente Fértil al localizarse en el centro de esta área. Los restos arqueobotánicos indican que los garbanzos están asociados con los inicios de la agricultura en el Sureste de Asia, aunque su presencia es bastante menor que la de lentejas y guisantes en las primera fases del Neolítico pre-cerámico (Zohary et al., 2012).



Figura 2.1: Área de distribución de garbanzo silvestre. Fuente Zohary et al. 2012

Para ambas almortas, la especie silvestre más probable se corresponde con *Lathyrus cicera*, la cual presenta una gran variabilidad, probablemente debido a la existencia de variedades tanto silvestres como cultivadas de esta especie (Almeida et al., 2015; Jackson & Yunus, 1984; Shiv Kumar et al., 2013; Smartt, 1984; Zohary et al., 2012). El área de distribución de la especie silvestre abarca toda el área Mediterránea y el oeste y centro de Asia. Sobre la región donde se produjo la domesticación de estas especies hay varias teorías. Aunque los restos más antiguos proceden del Próximo Oriente, estos son escasos, por lo que no se pudo asegurar su cultivo al existir la posibilidad de que se traten de individuos silvestres de *L. cicera* que procedan de la recolección. Por este motivo, Kislev (1989) propuso los Balcanes (Grecia y Bulgaria) como zona de domesticación de *L. sativus*, ya que los restos son mucho más numerosos. Las teorías más actuales, establecidas después de más hallazgos de esta especie en la región del Éufrates, no distinguen un área clara de domesticación, aceptando las dos teorías como válidas (Zohary et al., 2012). *L. cicera*, al ser actualmente un cultivo que solo se realiza en el suroeste de Europa, se ha propuesto una domesticación paralela en estas regiones, una vez ya establecida la agricultura. Este hecho habría generado una gran variabilidad dentro de esta especie, sin llegar a establecerse un nuevo taxón (Franco Jubete, 1991; M E Kislev, 1989).

En las lentejas, la especie cultivada (*Lens culinaris subs. culinaris*) y su probable ancestro silvestre (*Lens culinaris subs. orientalis*) están clasificadas como dos subespecies por las dos clasificaciones taxonómicas más aceptadas del género (Cubero et al., 2009; Ferguson et al., 2000). La distribución de la subespecie silvestre se corresponde con el Creciente

Fértil (fig.2.2), por lo que probablemente su domesticación ocurrió en esta región. Según las evidencias arqueológicas, las lentejas parecen estar asociadas con el comienzo de la domesticación de los trigos y las cebadas en el sureste de Asia. Existen evidencias de su recolección desde el 60.000-50.000 B.P. en la cueva de Kebara, intensificándose su presencia junto a los cereales silvestres durante el Natufiense, con evidencias de su posible cultivo a partir del Neolítico pre-cerámico, como los trigos y las cebas además de otras leguminosas como los garbanzos o los guisantes (Zohary et al., 2012).

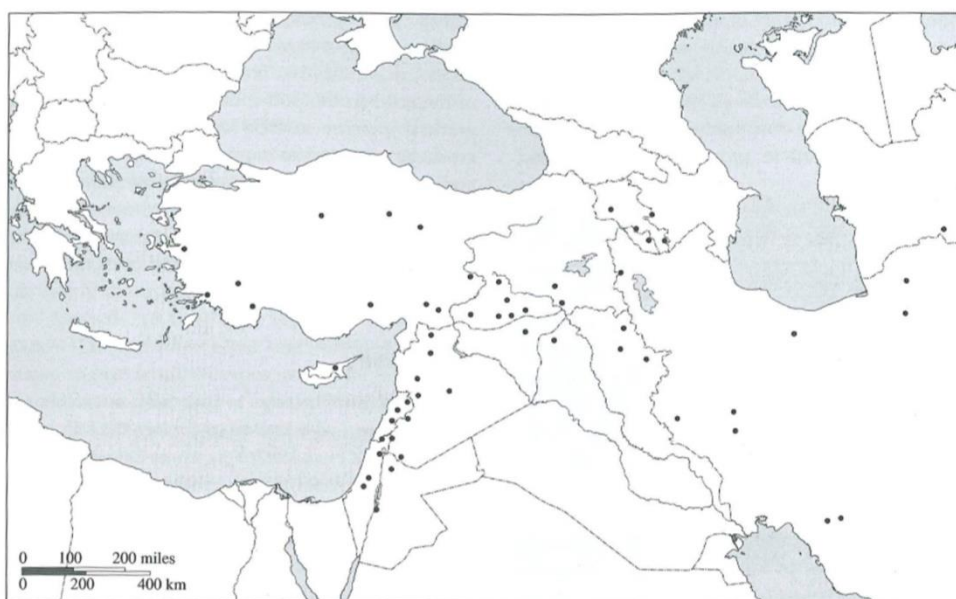


Figura 2.2: Área de distribución de la lenteja silvestre. Fuente Zohary et al. 2012

El caso de la alfalfa es bastante complicado y en parte todavía desconocido (Prosperi et al., 2014). En primer lugar, al ser una leguminosa que no se ha cultivado para obtener grano, únicamente presenta una pérdida de la latencia en su germinación, siendo muy difícil diferenciar si los restos arqueológicos pertenecen a taxones silvestres o domésticos. Por otro lado, la similitud de las semillas del complejo cultivado con el resto del género complica este hecho. Por este motivo los estudios sobre sus posibles áreas de domesticación no se basan en evidencias arqueológicas, como si sucede en los casos anteriores, utilizándose únicamente información genética sin confirmación arqueológica. Las diferentes investigaciones han establecido que tanto la región situada entre las áreas del noroeste de Irán, Transcaucásica y Anatolia como Asia Central pueden ser las zonas de domesticación, en torno al 5000 a.C. (Chen et al., 2020; Michaud, et al., 1988; Muller et al., 2006; Prosperi et al., 2014).

Los diferentes cruces entre diferentes miembros del género *Pisum*, han mostrado como los guisantes cultivados están más próximos a *P. sativum humile* o *pumilio*, por lo que

probablemente este taxón sea el ancestro silvestre de los guisantes (fig. 2.3) (Abbo et al., 2010; Butler, 1990; Mikić, 2015; Smýkal et al., 2013). En el Creciente Fértil existen evidencias de la recolección de esta especie desde el Paleolítico Superior, continuando posteriormente hasta el Neolítico pre-cerámico, siendo una de las primeras especies cultivadas junto a los trigos y las cebadas y los garbanzos y las lentejas (Zohary et al., 2012).

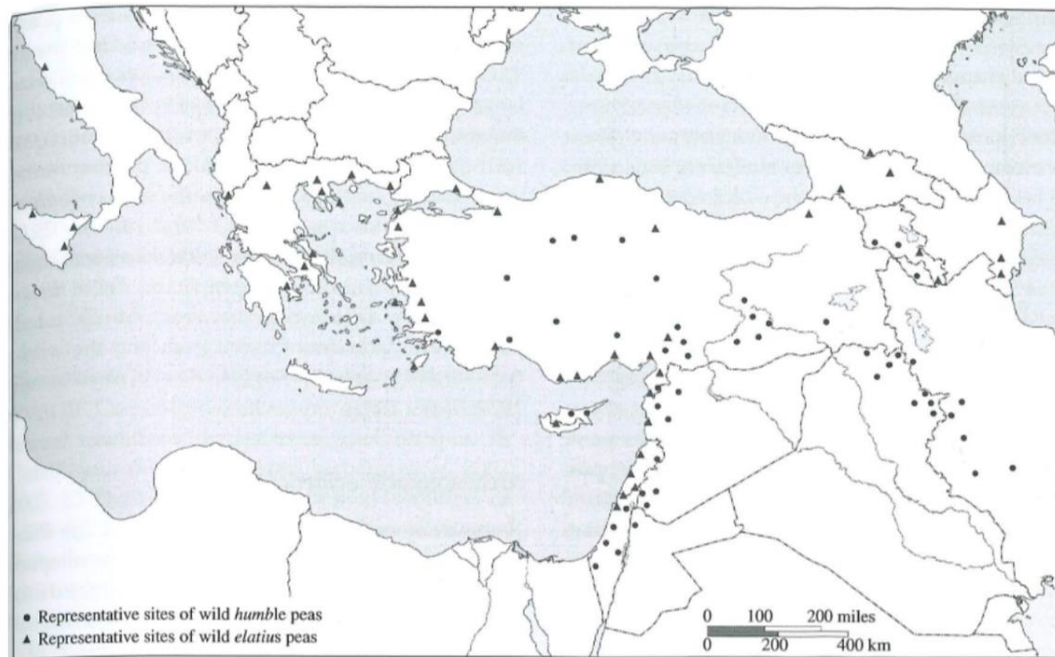


Figura 2.3: Área de distribución de los guisantes silvestres. Fuente Zohary et al. 2012

Los yero silvestres y cultivados no se han diferenciado taxonómicamente a nivel de especie o subespecie, considerándose diferentes variedades ya que los cruces entre ambas son completamente fértiles (Larbi et al., 2011). El área de distribución del yero silvestre se corresponde con Anatolia, Armenia, el norte de Iraq y el Anti-Líbano (fig. 2.4). Se han identificado restos de yeros desde el Paleolítico continuando posteriormente y aumentando su frecuencia en el Neolítico Pre-cerámico. Las mayores concentraciones de estas semillas se dan en Anatolia y los Balcanes, hecho que plantea que su domesticación se haya realizado en esta área. Se le considera un cultivo fundador de los sistemas agrícolas del Neolítico pre-cerámico del suroeste de Asia, aunque las concentraciones de semillas se hayan datado algo más tarde (Zohary et al., 2012).

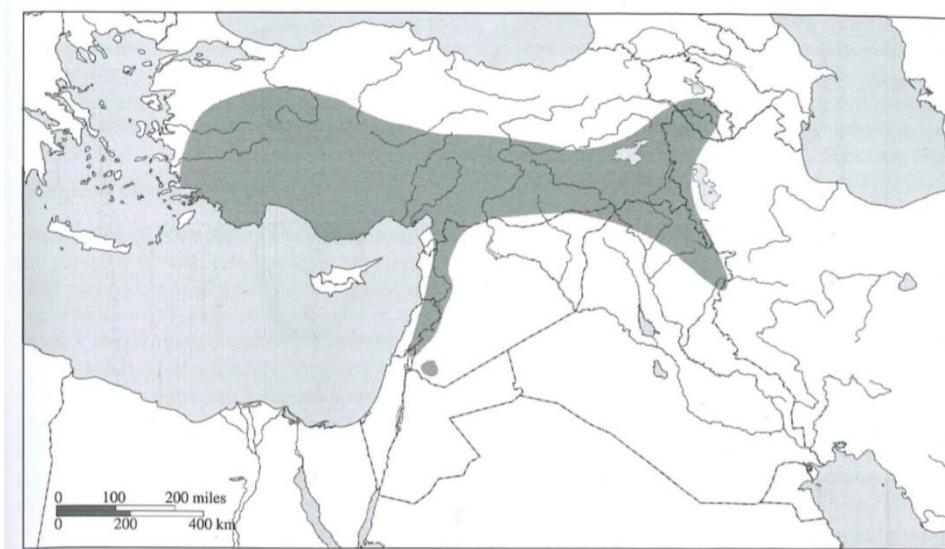


Figura 2.4: Área de distribución del yero silvestre. Fuente Zohary et al. 2012

El ancestro silvestre de las habas ha sido un tema de investigación activo desde hace décadas y que todavía se desconoce por completo (Rottenberg, 2020). Ninguna especie silvestre del género *Vicia* se hibrida plenamente con las habas (Duc et al., 2015). Aunque las habas están relacionadas con el complejo de *Vicia narobonense*, Ladizinsky (1975) mostró que ninguna de estas especies emparentadas podía considerarse progenitora silvestre de *V. faba*, ya que su número cromosómico es de $2n=14$, mientras que el de las habas es $2n=12$. Hasta los años 1970 no se encontraron habas en niveles Neolíticos del Próximo Oriente, como reflejan los estudios de esta época (Zohary & Hopf, 1973). Ya en la década de 1980 se encontraron grandes hallazgos de esta especie en Yiftahel, Israel, junto a lentejas (Rottenberg, 2020). Posteriormente se han ido identificando más restos de estas semillas en niveles del Neolítico pre-cerámico en la misma región (Caracuta et al., 2017). Actualmente se han descubierto evidencias de habas de unos 14.000 años de antigüedad en el levante mediterráneo (Caracuta et al., 2016), con una morfología similar a las habas actuales, por lo que se considera que las habas silvestres existían, extinguiéndose o no identificándose en estado silvestre actualmente. Todas estas evidencias se han identificado en la zona de la baja Galilea, en Israel, región en la cual se cree que se produjo la domesticación de esta especie durante el Neolítico pre-cerámico. Con los nuevos datos se considera a las habas una de las principales especies cultivadas en la agricultura del viejo mundo, junto con las lentejas, guisantes y garbanzos.

Por último, la veza es la tercera especie del género *Vicia* que aparece cultivada en el Mediterráneo Occidental en el marco cronológico de esta investigación. Las vezas silvestres y domesticadas están muy emparentadas, clasificándose como subespecies dentro del complejo *V. sativa*; siendo la cuenca mediterránea el área de distribución del mismo (Zohary et al., 2012). Las primeras evidencias arqueológicas de vezas son durante el Natufiense, continuando durante el Neolítico pre-cerámico en las regiones

Mediterráneas del Próximo Oriente y los Balcanes, probablemente produciéndose su domesticación en estas áreas, aunque con bajas frecuencias e individuos (Zohary et al., 2012).

2.3.3 Primeras evidencias del cultivo de leguminosas en el Mediterráneo Occidental

Las primeras evidencias de leguminosas cultivadas en el Mediterráneo Occidental se han datado en la segunda mitad del VI milenio a.C., apareciendo a la par con los cereales cultivados (Peña-Chocarro et al., 2018). Estos últimos y bastantes leguminosas son especies alóctonas por lo que no suele existir dudas sobre si son silvestres o cultivadas, salvo las vezas y los titarros, que al ser especies también especies autóctonas del área de estudio sí pueden generar este tipo de dudas.

2.3.3.1 Sureste Peninsular

Las primeras evidencias de leguminosas cultivadas en el área sur del marco geográfico establecido en este trabajo, se han datado en la segunda mitad del VI milenio a.C. En Los Castillejos (Montefrío, Granada), se han identificado guisantes y habas, con frecuencias y números de restos bajos, aunque aumentan ligeramente en las fases finales (Pérez-Jordá et al., 2011; Rovira, 2007). En la Cueva de los Murciélagos (Zuhera, Granada), con dataciones algo más recientes que el caso anterior, se han identificado restos de guisantes y de posibles vezas (Peña-Chocarro, 1999; Peña-Chocarro & Zapata, 2010), pero la presencia de leguminosas es muy escasa en comparación con los cereales (Pérez-Jordá et al., 2011). En la Cueva de los Mármoles (Priego, Córdoba) hay evidencias de guisantes y habas aunque con muy pocos restos, también hay vezas, almortas/titarros y yeros, consideradas estas especies como individuos silvestres en el primer estudio realizado, sin embargo, al ser los yeros una especie alóctona tiene que ser cultivada, como se ha establecido en estudios sintéticos posteriores donde se recogen estos datos (Peña-Chocarro & Zapata, 2010; Pérez-Jordá et al., 2011). En la Cueva del Toro (Antequera, Málaga) hay una gran variedad de leguminosas, destacando las lentejas, y en menor medida las habas y almortas/titarros (Buxó, 1997; Peña-Chocarro & Zapata, 2010; Zapata et al., 2005). En la Higuera (Ardales-Teba, Málaga) hay guisantes, habas y almortas/titarros (Leonor Peña-Chocarro & Zapata, 2010).

En general se aprecia como ya en las primeras fases Neolíticas de la región sur del Mediterráneo Occidental hay evidencias de prácticamente todas las leguminosas cultivadas características de los sistemas agrícolas del Mediterráneo Occidental: lentejas, habas, guisantes y yeros. Las almortas/titarros y las vezas también aparecen, pero pueden ser cultivadas o silvestres ya que existen de forma silvestre en la región, mientras que los

garbanzos no aparecerán hasta el I milenio a.C. en el Castillo de Doña Blanca (Chamorro, 1994) y no hay evidencias de alfalfa en ninguna época.

Durante el V y IV milenio a.C., parece aumentar la presencia de leguminosas en los contextos arqueobotánicos de esta región, aunque siempre con valores muy lejanos a los cereales y no de forma clara, destacando los guisantes y las habas sobre el resto de leguminosas (Pérez-Jordà et al., 2011). Ya en el tercer milenio a.C., los guisantes y especialmente las habas aumentan considerablemente en frecuencia y número de restos, identificándose por primera vez algunas concentraciones de habas, siendo las primeras de leguminosas cultivadas en el área de estudio, como en las Eras del Alcázar (Úbeda, Jaén) (Montes Moya, 2014) y Las Pilas/Huerta Seca (Mojácar, Almería) (Rovira, 2007). Por lo tanto, existe una tendencia desde el Neolítico a una mayor importancia de las habas en los sistemas agrícolas del Sureste de la Península Ibérica que continúa durante el II milenio a.C. Los guisantes también aumentan a lo largo del tiempo, aunque bastante lejos de las habas.

2.3.3.2 País Valenciano

En la región central de este estudio, que prácticamente se corresponde con el País Valenciano, las primeras evidencias de leguminosas cultivadas están datadas en la segunda mitad del VI milenio a.C., a la par que los cereales. En la Cova de les Cendres se han identificado restos de lentejas, guisantes, habas y una almorta (Buxó, 1997; Pérez-Jordá, 2013). En el Abric de la Falguera se ha recuperado una lenteja, identificada como *Lens* sp. (Pérez-Jordá, 2013). En otros yacimientos se han identificado restos de leguminosas cultivadas, pero no se ha podido establecer a que taxón pertenecen. En la primera mitad del V milenio a.C., aparece el yero en la Cova de les Cendres (Buxó, 1997; Pérez-Jordá, 2013); mientras que en la segunda mitad del mismo se ha identificado posibles vezas en la Cova de Santa Maira (Pérez-Jordá, 2013), además de una lenteja y un guisante. Durante el IV milenio a.C., se han identificado guisantes y una haba en Jovedades (Buxó, 1997), en Colata hay una leguminosa indeterminada y en Ninuet 2 almortas (Pérez-Jordá, 2013).

Con estos datos se observa como casi todas las especies de leguminosas cultivadas están ya presentes desde el comienzo de la agricultura en esta región, con evidencias de lentejas, guisantes, habas y almortas a finales del VI milenio a.C. y de yeros y vezas a comienzos del V milenio a.C. Sin embargo aunque aparece alguna leguminosa de vez en cuando su presencia en los contextos Neolíticos valencianos es muy baja, no aumentando progresivamente como en la región anterior. Esta tendencia cambia en el III milenio a.C., ya que aparecen yacimientos con bastantes individuos de habas, aunque la mayoría de ellos continúan teniendo bajas frecuencias y pocos individuos de leguminosas. La única concentración se ha encontrado en Les Moreres (Pérez-Jordá, 2013), mientras que en la Mola d'Agres hay un relativo alto número de habas y en menor medida de guisantes (Pérez-Jordá, 2013). Por lo tanto parece observarse una mayor importancia de estas dos

especies a partir del III milenio a.C., en comparación con los milenios anteriores, hecho también observado en la región del Sureste peninsular.

2.3.3.3 Noreste Peninsular

Como en las regiones anteriores las primeras evidencias de agricultura se han datado en la segunda mitad del VI milenio a.C. Desde un primer momento se han identificado semillas de cereales conjuntamente a leguminosas y otras especies. En la Draga y la Caserna de Sant Pau se han identificado guisantes y habas, mientras que en Balma Margineda hay restos de guisantes. A pesar de estar presentes en 3 de los 7 yacimientos de este periodo, su número de individuos y frecuencia es muy bajo frente a los cereales, circunstancia similar al resto de regiones en esta cronología. Hay muy pocos restos arqueobotánicos de semillas durante la primera mitad del V milenio a.C., sin embargo se ha identificado la primera lenteja de la región en el yacimiento de Plansallosa (Antolín, 2016). Durante la segunda mitad del V milenio a.C., las leguminosas continúan estando representadas por pocos individuos en comparación con los cereales, destacando los guisantes con 15 individuos; no obstante se han documentado dos nuevos taxones en este periodo, los yeros en Caserna Sant Pau y las vezas en Can Sadurni (Antolín, 2016). Durante el IV milenio las leguminosas descienden ligeramente su presencia, aunque teniendo en cuenta los datos anteriores realmente no puede considerarse una tendencia o cambio significativo; únicamente se ha identificado una lenteja en las minas de Gavà y un guisante en Bòbila Madurell. En las fases del III milenio a.C., de este último yacimiento; es donde se encuentra la única leguminosa cultivada identificada durante este periodo, correspondiendo a una semilla de lenteja (Antolín, 2016).

En el Nordeste los guisantes y las habas están presentes desde que aparecen los primeros indicios de agricultura, un poco más tardías son las evidencias de lentejas y algo más las de yeros y vezas. No se han observado restos de posibles almortas o titarros entre el VI y III milenio, sin embargo en las dos regiones anteriores si que se han identificado aunque con muy pocos restos. En esta investigación se ha observado que tampoco se han identificado restos de almortas en el II milenio a.C., en el Noreste, apareciendo por primera vez en la Primer Edad del Hierro en yacimientos como Sant Jaume (López et al., 2011) o Font de la Canya (López et al., 2015). Un caso muy particular es el del garbanzo, una nueva investigación ha identificado un único resto de esta especie en Can Sadurni durante el V milenio a.C. (Antolín & Schäfer, 2020), este hecho cambia la percepción del garbanzo en el Mediterráneo Occidental, ya que las semillas arqueológicas más antiguas hasta ahora son de comienzos de la Primera Edad del Hierro, salvo un individuo dudoso de la Edad del Bronce en el Mirador (Atapuerca, Burgos) (Rodríguez et al., 2016). En el Noreste el garbanzo no vuelve a aparecer hasta la segunda edad del Hierro en La Cella (Diloli et al., 2016).

Se observa como en el comienzo del Neolítico la región del Noreste del Mediterráneo Occidental tiene una dinámica semejante a las dos regiones anteriores. Durante el V y IV

milenio la evidencia de leguminosas es muy escasa, hecho más o menos similar al observado en la región valenciana. Sin embargo durante el III milenio a.C., el aumento de la presencia de leguminosas observado en algunos yacimientos del sureste peninsular y del área valenciana no se observa en el Noreste, siendo una diferencia bastante significativa. También es significativa la menor presencia de habas en esta región en comparación con el resto, hecho ya observado por investigaciones previas (Antolín & Schäfer, 2020; Peña-Chocarro et al., 2018).

2.3.3.4 Languedoc y Rosellón

En esta región, coincidente con las provincias costeras de Languedoc y el Rosellón en Francia, no se han realizado casi ninguna síntesis o análisis generales de los restos de frutos y semillas neolíticos (Antolín, 2016), y los realizados se centran en los cereales y la adormidera, sin mencionar a las diferentes leguminosas (Gassin et al., 2010; Marinval, 1992). En esta región durante el Mesolítico se han hallado registros excepcionales de leguminosas silvestres que han llevado incluso a proponer una protoagricultura antes de la llegada de los cereales y la cerámica (Marinval, 1991). Incluso algunos estudios de la Grotte del Abeurador, identifican la presencia de lentejas y guisantes asociadas a *Lathyrus* y vicias en niveles mesolíticos sin que, según sus investigadores, haya habido posibilidad de contaminación de los niveles neolíticos (Heinz et al., 1992). Aunque en el texto se mencionan lentejas y guisantes, en las tablas de dicha publicación los taxones cultivados no aparecen siendo sustituidos por *Pisum sp.* y *Lens sp.* Un trabajo anterior de la misma cueva también identifica restos de yeros, titarros, garbanzos y de *Lens sp.* y *Pisum sp.*, aunque posteriormente se especifica que se utilizan estos nombres para las posibles especies silvestres de estas especies, ya que los restos que identifican son diferentes a los del Neolítico pre-cerámico del sur-oeste de Asia (Vaquer et al., 1986). El alto número de estos restos recolectados es lo que lleva a la idea de un cuidado especial de estas plantas, estableciéndose una especie de proto-agricultura (Heinz et al., 1992; Marinval, 1991; Vaquer et al., 1986). Ya fuera del Languedoc, pero muy cerca de esta región se han identificado almortas o titarros en Martigues, (Marinval, 1986), siendo probablemente *Lathyrus cicera* silvestres, ya que esta región está dentro de su área de distribución. Estos restos, aunque probablemente no muestren una domesticación de estas especies en el Mesolítico, puede evidenciar una fuerte recolección de leguminosas. En el resto de regiones analizadas en esta investigación no se han identificado grandes concentraciones de leguminosas, aunque esto puede deberse a que existen pocos estudios arqueobotánicos de frutos y semillas en yacimientos Mesolíticos del área mediterránea de la Península Ibérica.

Durante el Neolítico, curiosamente desciende considerablemente la presencia de leguminosas silvestres y las cultivadas tienen unas frecuencias y número de individuos bajos (Marinval, 1991). Sin embargo, sí que se ha identificado guisantes y lentejas en estos niveles, además de yeros y titarros. Ya fuera del Languedoc, en la Provenza se ha documentado en el yacimiento de Claparouse una gran concentración de vezas dentro de

una fosa, datadas en el V milenio a.C. (Bouby & Léa, 2006). Esta especie normalmente se considera domesticada en época romana, o en la segunda Edad del Hierro, aunque los autores no descartan la posibilidad de un cultivo temprano debido al alto número de restos hallado, ya que podría darse una domesticación local de las vezas silvestres de la región (Bouby & Léa, 2006).

En general durante el Neolítico en el Languedoc parece haber una escasa presencia de leguminosas, especialmente en comparación con la importancia que tenían en los periodos anteriores a través de la recolección, sin embargo, parece ser que en algunos lugares podrían estar explotándose intensamente posibles vezas, incluso cultivándose en la Provenza.

2.4 Recopilación de los datos

El estudio sintético de datos se ha dividido en varios niveles según el tipo de datos cuantitativos utilizado. En un primer nivel se han utilizado los datos de presencia o ausencia en los diferentes yacimientos arqueológicos del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., independientemente de si tienen leguminosas cultivadas o no o de la fiabilidad de los datos; ya que para un análisis de presencia o ausencia estos datos son útiles. En el segundo nivel de análisis se ha realizado un estudio en profundidad de los datos de los yacimientos del marco de estudio, excluyendo tanto en los que no se han identificado semillas de leguminosas cultivadas como los que no se utilizaron métodos de muestreo o estos no fueron fiables. En el tercer nivel de análisis se han analizado las muestras con un mínimo de un 10% de leguminosas cultivadas y más de 40 individuos de cualquier taxón, de los yacimientos utilizados en el segundo nivel. Para tener toda la información posible se han tomado los datos de muestra a muestra y posteriormente se han calculado las sumas y las ubicuidades de cada taxón en cada yacimiento, teniendo de esta forma los datos para realizar los tres niveles mencionados.

2.4.1 Base de datos

Al no existir, en el momento del comienzo de esta investigación, una base de datos donde se recopilase la información arqueobotánica de semillas y frutos del Mediterráneo Occidental; se realizó una propia para este estudio, en la cual se ha volcado la información publicada además de otros datos inéditos, cedidos amablemente por Laurent Bouby, Dani López, Guillen Pérez-Jordà, Rachel Pinaud-Querrac'h y Núria Rovira. Para realizar esta base de datos se ha utilizado la versión Pro Advanced 15.0.2.220 del año 2016 del software FileMaker. Es importante señalar que actualmente el proyecto ArqueoPlant está desarrollando una base de datos sobre la información carpológica de la península Ibérica denominada IberCARPO <https://arqueocult.net/>, aunque todavía se encuentra en desarrollo. Este tipo de herramientas podrán acelerar estudios similares a esta investigación al no necesitarse tanto tiempo en el desarrollo y la recopilación de datos.

Para la creación de esta base de datos se ha contado con el apoyo y consejo de Enric Tartera y la empresa Iltirta Arqueologia SL. Se ha realizado relacionando varias tablas en las cuales se han recopilado los datos obtenidos en la literatura arqueobotánica de macrorrestos de frutos y semillas. En una primera tabla se recogieron los datos generales del yacimiento, como los geográficos, cronológicos e información bibliográfica y se estableció el tipo de yacimiento que es y la fiabilidad de los datos carpológicos. Para facilitar los estudios posteriores a cada yacimiento se le ha numerado con los dos primeros números del código postal de la provincia seguidos de dos números aleatorios. Para el caso de los yacimientos situados en el actual estado francés, se les añadió el número 33 delante del prefijo del departamento, seguido del número otorgado a un yacimiento en ese departamento.



Esta tabla de yacimientos se relacionó con otra en la cual se recogen los datos de la muestra a través del código descrito para cada yacimiento. Para definir esta tabla se ha tomado la unidad arqueológica mínima (unidad estratigráfica) siempre que ha sido posible, ya que en algunos yacimientos no se describe si se trata de una UE, especificándose únicamente la estructura o incluso el yacimiento, hecho ya tratado en otras investigaciones (Alonso, 1999; Bouby, 2014; Pérez-Jordà, 2013; Rovira, 2007). Cuando algunas unidades estratigráficas se subdividen al encontrarse una concentración concreta de semillas en un pavimento o por otros motivos en los cuales la separación se haya realizado por la presencia de restos diferentes al conjunto de la unidad estratigráfica, se ha respetado esta subdivisión, ya que evidentemente hace referencia a casos concretos y aporta datos diferentes al conjunto de la UE. El resto de submuestras, que normalmente se realizan por cuestiones metodológicas, se han unificado en la unidad estratigráfica ya que para este tipo de estudio distorsionaría la información. Un ejemplo lo tenemos en la UE 12017 de La Monédière, en la cual hemos respetado la subdivisión realizada por motivos arqueológicos, pero no la subdivisión realizada por cuestiones de muestreo (figura 2.5).

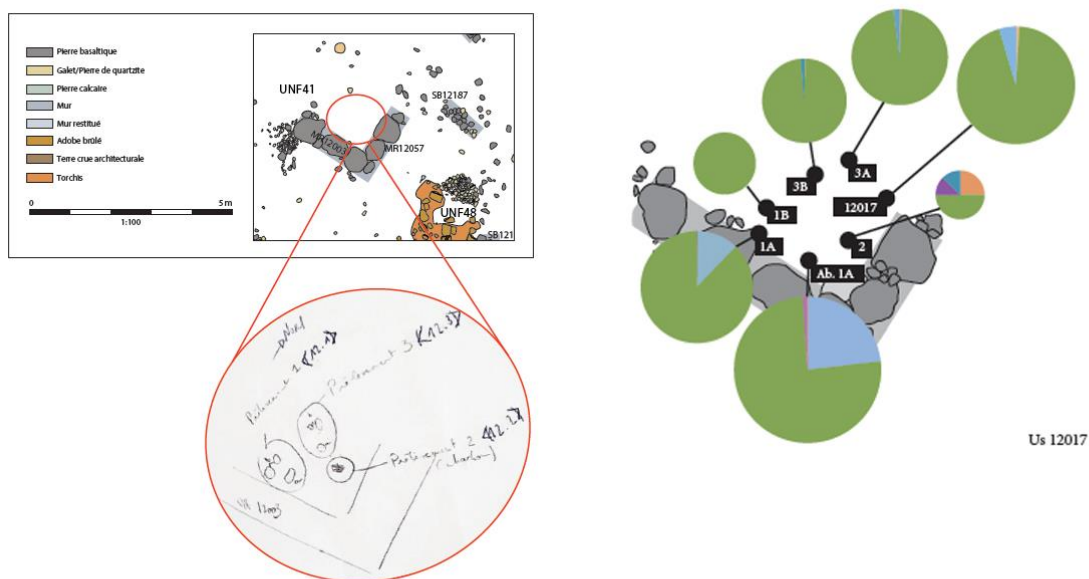


Figura 2.5: Izq.: Submuestreo arqueológico de la UE 12017 de La Monédière. Drcha.: Submuestreo arqueobotánico de la misma UE. Fuente Pinaud 2021. Modificado

Para facilitar la numeración de las muestras y que no exista la posibilidad de repetirse un mismo número (por ejemplo, la UE 1003 de dos yacimientos diferentes) se ha numerado a cada muestra con el código del yacimiento al que pertenecen, añadiendo tres cifras y empezando desde 1, pudiendo de esta forma alcanzar la cifra de 999 muestras en un mismo yacimiento. También se ha recogido la cronología exacta de esa muestra, su hecho arqueológico (si lo tiene) el tipo de estructura del que procede y el contexto arqueológico. Por último, se recoge el investigador que ha realizado la identificación taxonómica, la publicación en la que aparece y la luz del tamiz de menor tamaño.



En una nueva tabla se han establecido los individuos y fragmentos identificados en cada muestra, para ello se ha vinculado esta tabla con la anterior a través del código creado

para cada muestra, por lo que cada taxón identificado en cada muestra es una observación, aunque siempre vinculada a su muestra y yacimiento a través de los códigos creados anteriormente.



Por último, se ha creado una última tabla en la cual se describen los datos de cada taxón o rango de identificación, esta tabla está vinculada a la anterior a través de un código generado para cada taxón, vinculándose de esa forma con los individuos y a través de esa tabla con la muestra y el yacimiento. Este sistema se ha creado numéricamente, utilizando un primer número para los grupos principales de interés en esta investigación, utilizándose el 1 para los cereales, el 2 para las leguminosas, el 3 para los frutales y especies recolectadas el 4 para otras especies cultivadas y el 5 y 6 para especies silvestres. A continuación, a cada género se le otorga un nuevo número, separándolo del primer grupo a través de un punto. La especie se identifica de nuevo con dos cifras posteriores a la especie, creando una última categoría para la subespecie, variedad u otra información (como sp. o cf.) que se considera oportuna. Aunque con el grupo se ha clasificado según datos no botánicos (como cereales o leguminosas cultivadas), la información de la familia se ha recogido en la base de datos, aunque no está codificada en la numeración descrita.

Para facilitar su funcionamiento y posterior exportación de datos se realizó una serie de enlaces y duplicidades de tablas gracias a la colaboración de Enric Tartera, a través de las cuales los datos se enlazan y coordinan, posibilitando su recuento por yacimiento (fig. 2.5).

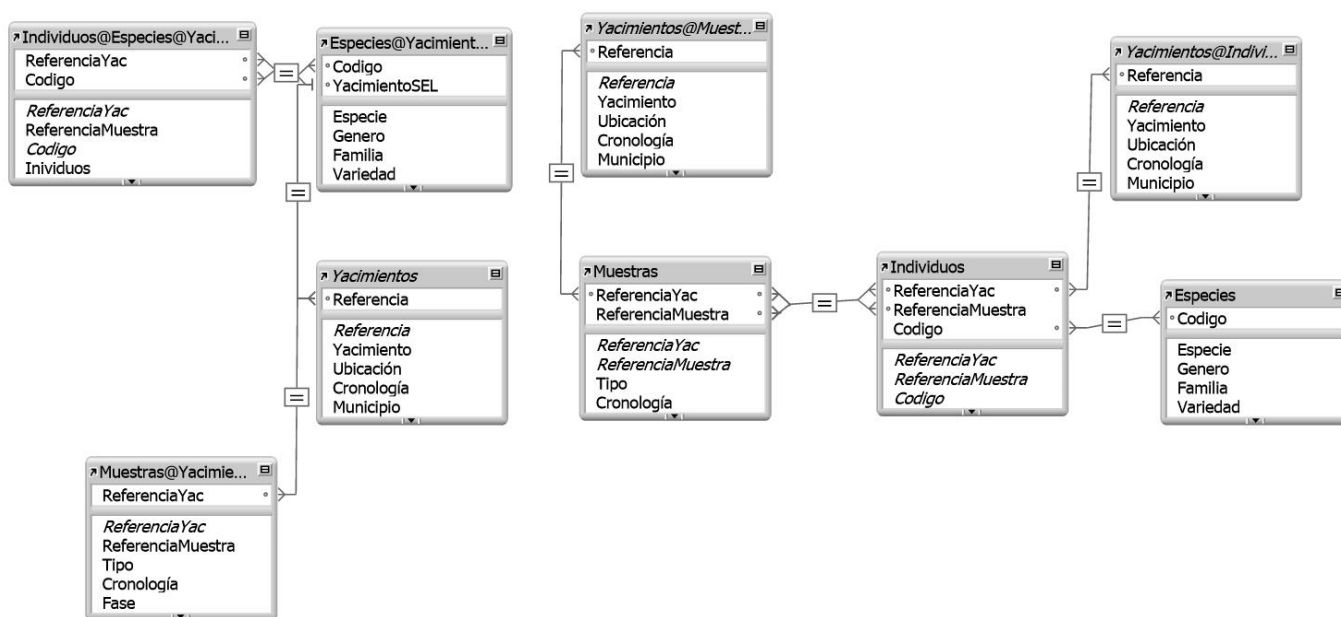


Figura 2.5: Estructura interna de la Base de Datos creada.

2.4.2 Clasificación de los estudios y yacimientos según el tipo de datos obtenidos y la metodología utilizada

Cómo es previsible, los estudios documentados son muy heterogéneos, encontrando yacimientos con muestreos e identificaciones de macrorrestos de frutos y semillas sistemáticos y otros en los cuales solo se menciona que aparecieron algunas semillas de una especie determinada.

2.4.2.1 Clasificación según el tipo de publicaciones

Por este motivo se ha decidido realizar una clasificación en tres niveles según el nivel de especificación que aparece en las publicaciones.

- Nivel/Categoría 1: Publicaciones que no explicitan la metodología.

En una primera categoría se han incluido las publicaciones en las cuales se describe la aparición de algunas especies en algún yacimiento concreto, pero cuyos restos se han obtenido sin ningún tipo de muestreo o no se detalla la metodología utilizada. En este tipo de estudios se encuentran yacimientos con estudios antiguos en los cuales solo se mencionan las especies observadas durante la excavación, sin un análisis más detallado. Este tipo de menciones aparece en

bastantes yacimientos del suroeste de la Península Ibérica, con excavaciones muy antiguas en las cuales se observan estas semillas durante los procesos de excavación.

- Nivel/Categoría 2: Publicaciones que aportan solamente información carpológica parcial.

En la segunda categoría hemos incluido las publicaciones donde se han realizado muestreos para recuperar macrorrestos arqueobotánicos, pero solo se han publicado los resultados parciales o resumidos, como por ejemplo en porcentajes, ubicuidad o como resumen del total de un yacimiento.

- Nivel/Categoría 3: Publicaciones que aportan toda la información metodológica.

Por último, en la tercera categoría, se encuentran los estudios publicados con los resultados detallados en muestras, pudiendo tener un conocimiento en profundidad del número de restos identificados en esos yacimientos, además de las relaciones entre especies y sus ubicuidades.

2.4.2.2 Clasificación según el tipo de muestreo y tratamiento

El siguiente nivel de clasificación se ha realizado sobre las muestras. Se han establecido tres categorías según diferentes criterios, modificando ligeramente el sistema aplicado en las regiones al norte de los Alpes (Jacomet, 2007, 2009), aplicándolo en muestras en lugar de yacimientos, metodología ya empleada en la síntesis sobre la agricultura protohistórica en la cuenca de Ródano (Bouby, 2014).

- Nivel 3: Muy fiable.

En el grupo 3 se establecen las muestras más fiables, con una malla igual o inferior a 0,5 mm y una cuantificación precisa de los datos.

- Nivel 2: Fiabilidad intermedia

En el grupo 2 se establecen las muestras con una luz de malla mínima de 1 mm y una cuantificación precisa. En este grupo también hemos incluido los casos de datos en los cuales se utilizó una malla de 0,5 mm, pero a la fecha de este estudio solo se habían analizado y/o publicado los resultados de las mallas de 1 o 2 mm. En esta categoría también se han incluido los casos en las cuales no se especifica que malla se ha utilizado, pero sí que se han obtenido los restos a través de algún tratamiento. En los ejemplos de Jacomet o Bouby este último caso supone una

división aparte, pero en este estudio no hemos considerado necesario separar estas dos categorías; ya que al no utilizarse los datos de especies silvestres no ha sido necesario diferenciar entre ambos niveles.

- Nivel 1: 1: Poco fiable

Por último, están las muestras en las cuales se han obtenido los restos a simple vista y no existe información precisa sobre su forma de obtenerlas ni su cuantificación.

2.4.3 Clasificación de los yacimientos y sus muestras por su ubicación y tipo

Dentro del marco geo-cronológico se encuentran muchos tipos diferentes de yacimientos arqueológicos. Para catalogarlos hemos establecido dos niveles complementarios, la ubicación y las características. En el primero se han clasificado según el lugar donde se encuentran, pudiendo ser en: cueva, abrigo, cerro, ladera, llanura u otro.

La segunda categoría hace referencia a las características del mismo, estableciéndose como: asentamientos rurales/agrícolas, poblados, aldeas dispersas, núcleos de actividades económicas específicas, pequeñas fortificaciones y otros.

Como asentamientos rurales agrícolas, hemos etiquetado a los yacimientos de cabañas u otro tipo de hábitats sin distribuciones urbanas o sistema defensivos, de pequeño tamaño y situados en zonas rurales, cercanos a las áreas de producción.

Como aldeas dispersas hemos establecido a yacimientos con una gran superficie, pero una pequeña densidad, con cabañas y otras estructuras de almacenamiento dispersas por un área considerable, siendo bastante característicos en el bronce medio en las regiones de la depresión del Ebro, como Minferri (Alonso & López, 2000), aunque también se dan en otras regiones, como Acinipo (De La Torre et al. 1986).

Otro tipo de yacimientos son los poblados, agrupando a todos aquellos en los cuales existen sistemas defensivos y/o cierto grado de urbanismo, independientemente de la complejidad de los mismos, pudiendo encontrar ejemplos tanto en el II como en el I milenio a.C.

Cuando los yacimientos con sistemas defensivos son de muy pequeñas dimensiones, estando compuestos por algún tipo de edificio muy concreto, pero sin dinámica de hábitat generalizado, se han denominado pequeñas fortificaciones, como es el caso de Sant Jaume de Mas d'en Serra (García Rubert, 2011) o l'Assut (Diloli et al., 2009).

Para los poblados de mayores dimensiones y que se han considerados como urbanos o proto-urbanos por las diferentes investigaciones arqueológicas realizadas, los hemos incluidos en la categoría de urbanos, aunque no son un gran número.

Como núcleos de actividad económica específica se han denominado a los yacimientos centrados en una actividad concreta sin casi estructuras de hábitat, estando enfocados en extraer o almacenar ciertos recursos y transportarlos a otros lugares, un ejemplo son los centros de intercambios de mercancías o campos de silos, como Font de la Canya (López et al., 2015).

2.4.4 Clasificación de los yacimientos y sus muestras por periodos cronológicos

Uno de los principales problemas que aparece a la hora de realizar trabajos de síntesis sobre datos arqueológicos de una amplia zona geográfica surge al establecer las fases cronológicas. La periodización prehistórica se ha establecido a través de las características socio-económicas de los diferentes yacimientos, estableciéndose las diferentes secuencias temporales como el Paleolítico, Neolítico, Edad del Bronce etc. Aunque estas divisiones tienen características diferentes dependiendo de cada región, están identificadas en las cuatro áreas geográficas en las cuales se ha centrado este estudio; sin embargo, sus cronologías varían ligeramente de una región a otra. En algunos trabajos de síntesis de investigaciones de macrorrestos de frutos y semillas se han analizado cada milenio por separado (Pérez-Jordà, 2013) o cada siglo independientemente (Pérez-Jordà, et al., 2021) mientras que en otras se ha utilizado fases más o menos generales dividiendo la protohistoria en cinco periodos (Alonso et al., 2016) o en tres (Alonso & Bouby, 2017).

En este trabajo y en línea con los ya citados, hemos establecido unas fases cronológicas que, a pesar de no adaptarse exactamente a las periodizaciones establecidas en las diferentes zonas geográficas de estudio, se adaptan más o menos bien a las características socio-económicas generales y engloba fácilmente a los diferentes yacimientos. La mayoría de yacimientos tienen cronologías que se adscriben correctamente en los periodos establecidas en este trabajo, ya que son muy pocos los que tienen fases que se puedan quedar divididas entre dos de ellos. Hay que recalcar que estas divisiones cronológicas establecidas no se corresponden con las periodizaciones arqueológicas establecidas, por lo que no se puede relacionar exactamente ningún periodo creado en esta investigación con ninguna fase protohistórica establecida, aunque sus coincidencias sean bastante altas.

El primer periodo cronológico que se ha utilizado congrega los yacimientos con cronologías entre el 2200 y el 1300 a.C., abarcando el Bronce Antiguo y Pleno del sudeste, y según algunos investigadores también el tardío (Molina González et al., 2004). Dentro de este periodo también se encontrarían las fases del Bronce Antiguo y Medio del

Bronce Valenciano. Al norte del Ebro, se adaptaría casi exactamente al periodo 1 establecido por Alonso y Bouby (2017), abarcando al Bronce Temprano, Medio y la primera fase del Bronce Tardío de la región de Languedoc (Bouby, 2014) y al Bronce Inicial del este de Cataluña. Por último, el Bronce Pleno y el Grupo Segre-Cinca I también se localizarían en este periodo (López, 2000b).

El segundo periodo se ha establecido entre el 1300 y el 750 a.C. abarcando el Bronce Final del sureste; también a la totalidad de yacimientos del Bronce Final de la región valenciana; el Bronce Tardío del este catalán; el grupo Segre-Cinca II y III del oeste de Cataluña y los periodos II y III del Bronce Final de Languedoc.

El tercer periodo, aunque no se corresponde exactamente a la primera Edad del Hierro, sí que se ha establecido para intentar agrupar más o menos a los yacimientos que arqueológicamente se han designado en esta época. Hemos establecido este periodo entre el 750 y el 500 a.C., aunque en las regiones del sur comienza un poco antes que en el este de Cataluña y el Languedoc. Por último, entre el 500 a.C. hasta la llegada de los romanos se ha establecido un cuarto y último periodo, correspondiendo con la segunda Edad del Hierro. De nuevo este marco no se corresponde a una cronología concreta, pero permite dividir de una forma aproximada las dos edades del Hierro, aunque en este caso sí que algunos yacimientos establecidos en la segunda edad del hierro estén en el periodo 3º y otros establecidos como Primer Hierro se agrupen en el 4º periodo (tabla 2.1).

Fases cronológicas establecidas en este trabajo	Sur-Este	Centro	Nord-Este		Norte
			Occidental	Oriental	
2200-1300 a.C.	Bronce Antiguo del Sureste 2200-1900 a.C.	Bronce Antiguo 2100-1900 a.C.	Bronce Pleno 2100-1650 a.C.	Bronce Inicial 2300-1300 a.C.	Bronce Temprano 2100-1700 a.C.
	Bronce Pleno 1900-1600 a.C.	Bronce Medio 1900-1500 a.C.	Grupo Segre-Cinca I 1650-1250 a.C.		Bronce Medio 1600-1400 a.C.
	Bronce Tardío 1600-1300	Bronce Tardío 1500-1200 a.C.			
1300-750 a.C.	Bronce Final 1300-800 a.C.	Bronce Final 1200-750 a.C.	Grupo Segre-Cinca II 1250-1000 a.C.	Bronce Tardío 1300-750 a.C.	Bronce Final II y III 1400-725 a.C.
			Grupo Segre-Cinca II 1000-800/750 a.C.		
750-500 a.C.	Primera Edad del Hierro 800-550 a.C.	Primera Edad del Hierro 750-550 a.C.	Primera Edad del Hierro 750-550 a.C.	Primera Edad del Hierro 700-500 a.C.	Primera Edad del Hierro 750-500 a.C.
500-200 a.C.	Ibérico Antiguo 550-450 a.C.	Ibérico Antiguo 550-450 a.C.	Ibérico Antiguo 550-450 a.C.	Ibérico Antiguo 550-450 a.C.	Transición 525-425 a.C.
	Ibérico Pleno 450-200 a.C.	Ibérico Pleno 450-200 a.C.	Ibérico Pleno 450-200 a.C.	Ibérico Pleno 450-200 a.C.	Segunda Edad del Hierro 425-200 a.C.

Tabla 2.1: Cronologías de las diferentes regiones de estudio y las fases utilizadas en esta investigación.

A pesar de que no coinciden completamente con las periodizaciones cronológicas establecidas para las regiones estudiadas, sí que se aprecia como más o menos las cronologías propuestas diferencian entre dos momentos bastante marcados en el registro arqueológico en la Edad del Bronce y también entre las dos edades del Hierro. En ocasiones las periodizaciones difieren entre los investigadores ya que dependen mucho de las cronologías de los diferentes yacimientos, con ciertos márgenes de error. Se ha intentado que los periodos cronológicos sean similares a los establecidos en trabajos carpológicos de síntesis anteriores aplicados a áreas incluidas en el marco geocronológico (Alonso et al., 2016; Alonso & Bouby, 2017). Los yacimientos que tienen fases en más de uno de los periodos cronológicos establecidos en este estudio se han analizado como diferentes individuos, por lo que en realidad se está teniendo en cuenta las fase-yacimiento y no solo el yacimiento. Este tipo de división es muy común en los trabajos de síntesis (Alonso et al., 2016; Alonso & Bouby, 2017; Bouby, 2014; Pérez-Jordà, et al., 2021; Pinaud-Querrac'h, 2021)

2.4.5 Clasificación de las muestras por su contexto arqueológico

Una idea básica que hay que tener en cuenta antes de analizar cualquier estudio de macrorrestos arqueobotánicos, especialmente si son carbonizados, es que estos restos han sido aportados por los humanos al lugar donde aparecieron, pudiendo también haber sido manipulados. Por este motivo las muestras no reflejan depósitos naturales y no son reflejos exactos de un cultivo (Alonso & Rovira, 2009). Sin embargo, en ocasiones sí que existen muestras en las cuales la alteración antrópica ha sido mínima.

El término de conjunto cerrado hace referencia a una aglomeración de semillas que reflejan un momento concreto no perturbado. Su definición ha ido cambiando conforme se ha ido avanzando en los estudio arqueobotánicos; en un principio se consideraba necesario que la muestra no estuviese en relación con estructuras arqueológicas y que estuviese compuesta principalmente por solo una especie cultivada y otras silvestres (Marinval, 1988). Los estudios más actuales son más abiertos, al proponer la posibilidad de que las estructuras de almacenamiento sean conjuntos cerrados y que se puedan cultivar diferentes especies conjuntamente, además de añadir hasta un margen del 10% de contaminación (Bouby, 2014). Un requisito para este tipo de conjuntos es que se hayan carbonizado in situ.

Este concepto es muy similar al de paleobiocenosis, el cual consiste en la preservación de un conjunto de semillas vegetales sin ningún tipo de alteración (Behre & Jacomet, 1991), aunque en las muestras arqueobotánicas es imposible que no se haya dado ningún tipo de alteración, en algunos ejemplos es muy baja; como una cosecha carbonizada sin haber sido antes trillada, aventada o cribada y sin que se hayan separado intencionadamente otras especies vegetales. Ambos conceptos son muy similares y en ocasiones es imposible saber si una muestra ha sufrido algún tipo de tratamiento entre la cosecha y el

almacenamiento. Sin embargo, en el caso de los cereales se han creado diferentes modelos a través de los restos de trilla para interpretar estos casos, estableciendo diferentes niveles (Alonso & Rovira, 2009; Antolín, 2016; G. Jones, 1992b; van der Veen, 1992). También existen trabajos experimentales en los cuales se comparan restos actuales carbonizados obtenidos en diferentes momentos del procesado de los cereales con las muestras arqueológicas, intentado establecer los procesos por los cuales ha pasado una muestra arqueobotánica (Alonso et al., 2013; Antolín, 2016). En la tesis doctoral de Ferrán Antolín (2013) también se establece de forma experimental un proceso por el cual se intenta establecer si una muestra se carbonizó in situ o si fue depositada estando ya carbonizada. Existe un estudio en el cual se realizó el intento de establecer este tipo de relación con semillas de leguminosas según su estado de conservación (Caracuta et al., 2017). Sin embargo, creemos que este criterio puede no ser preciso ya que en esta investigación se han estudiado semillas de lentejas procedentes de silos del yacimiento de Font de la Canya con las radículas y las testas muy bien conservadas, pero probablemente no se encontrasen ni se carbonizasen in situ, ya que el resto de materiales arqueológicos de esas UE no presenta evidencias de haberse expuesto a altas temperaturas.

Los conjuntos cerrados son muy útiles para establecer las relaciones existentes entre el cultivo de una especie respecto a las malas hierbas, pudiéndose establecer las formas de cultivo, la irrigación o el momento de la cosecha. Sin embargo, para tener una idea general de las especies cultivadas y consumidas, los conjuntos abiertos aportan más información (Bouby, 2014).

A diferencia de los anteriores, en los conjuntos abiertos, el depósito de las especies vegetales tiene lugar durante un tiempo relativamente largo, acumulándose restos de diferentes contextos sin relación entre ellos, muy condicionados por las actividades antrópicas (Bouby, 2014). Están muy relacionadas con el concepto de tanatocénesis, que se define como un conjunto de restos vegetales de diversas procedencias que han sido recogidos en un mismo lugar durante un periodo de tiempo no único. Por lo tanto, las asociaciones de especies se verán alteradas y no necesariamente reflejan estados primarios o naturales.

En los trabajos de síntesis es difícil determinar si una muestra es abierta o cerrada, para este estudio se ha decidido tener en cuenta el contexto arqueológico para diferenciar posibles conjuntos cerrados, descartando las procedentes de rellenos de fosas o silos, algunos tipos de derrumbes u otro tipo de contextos evidentemente abiertos. Un problema añadido en el caso de las leguminosas es la falta de restos de los frutos, no pudiendo establecer los criterios aplicados en los cereales con los restos de trilla para establecer el punto en el que esa muestra se encontraba cuando se carbonizó.

En este trabajo se han tratado por separado las muestras que puedan representar más o menos grupos cerrados, utilizando el contexto ya citado y la composición de las semillas, aunque como veremos ninguno puede considerarse como tal. Para ello se han tenido en cuenta las muestras con una abundancia de leguminosas relativamente alta (en torno a un 30%) para que no se trate de una contaminación en el cultivo o en los procesos tafonómicos posteriores. No se han descartado si aparecen mezclas con cereales ante

la posibilidad de la existencia de cultivos mixtos, aunque este hecho es muy difícil de establecerse con el registro arqueobotánico por la falta de estudios etnográficos al respecto (Butler, 1999). En este tipo de muestras se ha tenido en cuenta tanto la relación con especies silvestres como con los restos de trilla de los cereales ya que son las únicas muestras que nos pueden aportar información sobre las posibles formas de cultivo, cosecha o tratamientos posteriores de las leguminosas. Por desgracia, como se observará posteriormente, estas muestras no son muy numerosas, ya que en la mayoría de los casos las leguminosas aparecen con muy pocos individuos en muestras con un alto porcentaje de cereales.

El estudio ha recopilado tanto la información sobre especies cultivadas como silvestres, sin embargo, al observar los datos se decidió que estas últimas se utilizarían solo de forma comparativa en los pocos casos en los cuales exista la posibilidad de conjuntos cerrados con un claro cultivo de leguminosas. No se ha realizado un estudio sintético en profundidad sobre las plantas arvenses ya que no es el objetivo de esta investigación, además de haberse realizado en los estudios generales de algunas áreas del marco geocronológico aquí tratado (Alonso, 1999; Bouby, 2014; Montes Moya, 2014; Pérez-Jordá, 2013; Pinaud-Querrac'h, 2021; Rovira i Buendia, 2007).

2.4.6 Clasificación de los yacimientos por áreas geográficas

Otro gran problema al realizar una síntesis de una amplia región geográfica aparece al establecerse las áreas de estudio. Como ya se ha mencionado esta investigación se ha focalizado en los yacimientos arqueológicos del II y I milenio a.C., del Mediterráneo Occidental. Como este último hemos definido a las regiones mediterráneas de la Península Ibérica y el sur de Francia, estableciendo los límites en el estrecho de Gibraltar hasta la desembocadura del río Ródano en el sur de Francia. Hacia el interior se han establecido los límites en las sierras montañosas que se encuentran a lo largo de toda la línea de costa, más o menos siguiendo las cuencas hidrográficas de los ríos mediterráneos. Sin embargo, no se han incluido los yacimientos situados en los dos ríos principales del área, Ebro y Ródano, que abarcan regiones muy interiores del área, estudiándose solo los yacimientos relativamente más cercanos a la costa. Esta exclusión se ha determinado ante la necesidad de marcar límites geográficos concretos y al determinar que estas áreas al estar más alejadas del Mediterráneo, podrían tener algunas características diferentes al no estar tan conectadas directamente con el Mediterráneo, eje que ejerce de interconexión en este estudio.

El área descrita se ha subdividido en cuatro regiones para facilitar las comparaciones cuantitativas y las evoluciones internas de las leguminosas en el marco geo-cronológico. Para establecerlas se ha seguido patrones algo similares a trabajos anteriores, como en el caso de Buxó, 1993; en el cual se establecen 4 regiones, la más meridional coincidiendo con la parte mediterránea de la actual comunidad autónoma de Andalucía y parte de la de

Murcia, denominada Sud-este de la Península Ibérica. Una segunda región que comprende parte de Murcia, el País Valenciano y el sur de la actual Cataluña la denomina como Este de la Península. La siguiente región hacia el norte, correspondiendo más o menos a la actual Cataluña la clasifica como el Noreste de la Península Ibérica. Por último, la cuarta área está comprendida la antigua región del Languedoc y parte de la Provenza y se denomina Sur de Francia (Buxó, 1993). En un trabajo más reciente sobre frutos silvestres en yacimientos datados entre el III y I milenio a.C., se crean tres regiones del área de estudio, muy similares al caso anterior ya que se centran solo en la costa mediterránea de la Península Ibérica, no estudiándose el sur de Francia (Alonso et al., 2016). Otro trabajo de síntesis muy reciente, aplicado a una región muy similar a la que nosotros estudiamos pero solo con yacimientos del I milenio, es el realizado sobre la aparición de la arboricultura en el “Far West” (Pérez-Jordà, et al., 2021). Sin embargo, en lugar de realizarse una subdivisión en 4 o 3 regiones como en los casos anteriores, se han realizan en 10 pequeñas áreas más o menos condicionadas por los ríos de la cuenca mediterránea del Mediterráneo Occidental (fig. 2.6).

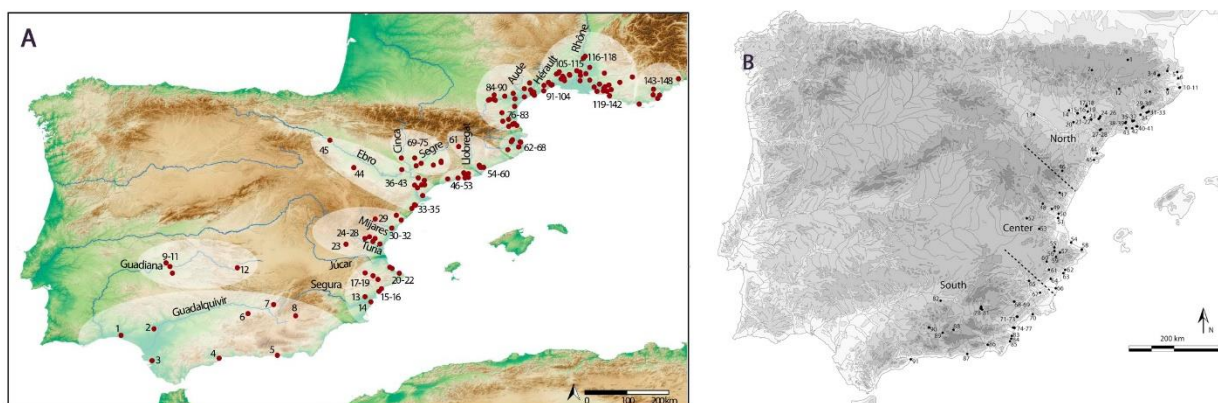


Figura 2.6.: A: regiones establecidas en Pérez Jordà et al. 2021. B: regiones establecidas en Alonso et al. 2016.

En nuestro caso hemos decidido establecer regiones más amplias y similares a los dos primeros casos, ya que debido a la naturaleza de los datos de leguminosas en el área de estudio quedaría muy desequilibrada al aplicarse en ámbitos geográficos muy pequeños debido a la escasez de individuos y menciones de estas especies. No obstante, en ocasiones al analizar las regiones establecidas se mencionan pequeñas zonas dentro de estas regiones. Las áreas establecidas en este trabajo son las siguientes:

Región del Sureste: En esta región se encuentran los yacimientos arqueológicos situados en la costa mediterránea de la actual comunidad autónoma andaluza, además de los yacimientos situados algo más al interior, aunque cercanos a la costa, como los situados en la provincia de Jaén y en la parte montañosa de Córdoba. Aunque se encuentran fuera del área descrita se ha incluido al Castillo de Doña Blanca (Puerto de Santa María, Cádiz) y las excavaciones urbanas de Huelva (Huelva), ambos yacimientos en el área atlántica

de Andalucía. Sin embargo, debido a su presencia colonial fenicia se han considerado interesantes para comparar con otros yacimientos de la zona mediterránea del Sureste de la misma cronología. Como límite nor-oriental se ha establecido los actuales límites de la Región de Murcia. El hecho de incluir a los yacimientos de esta región se debe a varios motivos, como su afinidad durante el Bronce con el Sureste y por cuestiones metodológicas; ya que tanto el sureste andaluz como la región de Murcia tienen yacimientos con estudios muy antiguos en los cuales no se precisa la metodología utilizada con niveles de fiabilidad del grupo 1 y 2 o con publicaciones parciales, por lo que para las comparaciones cuantitativas también se ha considerado más conveniente su situación en esta región. Otra característica de esta área es la diferencia en el número de yacimientos con estudios arqueobotánicos de frutos y semillas datados en la edad del Bronce y la edad del Hierro. Siendo mucho más numerosos los primeros.

Región Central: En esta clasificación se han incluido prácticamente a los yacimientos situados en el País Valenciano. Se ha decidido denominarla como central al situarse entre las dos regiones del Norte y Andalucía. Además de existir características geográficas y culturales similares, esta área ha sido estudiada en su mayoría por un mismo grupo de investigación. En esta área se encuentran yacimientos bastante repartidos entre las diferentes cronologías, factor que hace que las comparaciones de este tipo sean más fidedignas. Los dos yacimientos más al norte de la región se han incluido en el Noreste, ya que debido a su afinidad y cercanía con el tramo final del Ebro y su delta, se ha considerado más oportuno situarlos en conjunto con el resto de yacimientos de esa área.

Región del Noreste peninsular: En esta categoría se ha incluido a los yacimientos más al norte del área de estudio de la Península Ibérica. En el límite sur se engloban a los yacimientos al sur del Ebro los cuales tienen relaciones socio-económica con este río y el resto de yacimientos situados al norte del mismo. Para no separarlos en las comparaciones regionales se ha decidido incluir en esta área todos los yacimientos del ámbito del Ebro. Por el norte, el límite es más claro, utilizando el Pirineo como límite septentrional, coincidiendo con la actual frontera entre el estado español y francés. Hacia el interior se han incluido los yacimientos del área del Segre y Cinca, siendo una zona con un alto número de yacimientos con estudios arqueobotánicos de macrorrestos de frutos y semillas, además de tener cierta relación con los yacimientos costeros y considerarse interesantes su frecuencia y número de restos de leguminosas. En definitiva, esta región coincide, salvo por algunas excepciones, con la actual Cataluña. En esta región existen varios grupos de investigación diferentes, aunque relacionados entre sí al producirse colaboraciones y formaciones mutuas entre ellos.

Región Norte: Por último, se han incluido yacimientos situados en el área mediterránea del actual estado francés, en concreto los situados entre el Pirineo y la desembocadura del Ródano. Esta área está compuesta por 4 departamentos de la región, 3 del Languedoc y el departamento que se corresponde con el Rosellón, excluyéndose los que no tienen acceso directo al Mediterráneo. El límite oriental se ha decidido establecer coincidiendo con el Ródano, ya que marca diferencias culturales entre ambas regiones del sur de Francia. Hacia el interior se excluyeron los yacimientos del valle de Ródano al tener una

dinámica diferente a los situados próximos al Mediterráneo y existir un área prácticamente sin estudios de este tipo entre la zona mediterránea y el Ródano medio, situados ya en la región administrativa del Ródano-Alpes.

Estas divisiones son algo objetivas, pero se han considerado las más apropiadas para este estudio, ya que es imposible establecer regiones completamente afines entre ellas, por este motivo hemos intentado asemejarlas a las realizadas en trabajos previos. Aunque no coincidan exactamente con las regiones actuales en ocasiones se les denominarán con el nombre que más o menos comprende la mayor parte del territorio, es decir, Andalucía para el sureste, Valencia para la región central, Cataluña para el nordeste y Languedoc para el norte. La información detallada de cada yacimiento se encuentra en el Anexo 0.

2.5 Cuantificación de los datos recopilados

La cuantificación en los registros de frutos y semillas arqueológicas ha sido tema de debate, presentándose difícil y controvertido, aunque en los últimos años se ha normalizado más su uso a través de análisis estadísticos. Prácticamente la totalidad de los restos estudiados en los yacimientos del Mediterráneo Occidental (salvo alguna excepción) se encuentran carbonizados y por ese motivo hay que tener en cuenta los factores que han causado ese proceso. Los restos arqueobotánicos son solo la representación final que llega hasta la actualidad, ya que tienen que darse varios procesos para conservarse, perdiéndose la gran mayoría de restos botánicos durante estas fases, debido a los efectos tafonómicos, a la resistencia de cada especie a las altas temperaturas y a los diferentes procesos por lo que estas plantas fueron transformadas, ya que si normalmente no se exponen a altas temperaturas será más complicada su conservación (Popper, 1988). Por lo tanto, el registro recuperado de la identificación taxonómica realizada nunca es una representación exacta de los frutos y las semillas de un yacimiento, hecho que hay que tener siempre en cuenta en la cuantificación y especialmente en la interpretación. En este estudio se presenta un ejemplo de cómo las altas temperaturas afectan de diferente forma a diferentes especies.

2.5.1 Unidades de conteo

El primer paso para cuantificar es establecer que valores vamos a utilizar como unidades mínimas y que categorías se han utilizado. Al realizarse un análisis de síntesis, el concepto de individuo y fragmento es el aportado por los diferentes investigadores que han realizado los análisis de macrorrestos de frutos y semillas arqueobotánicos. Generalmente se ha utilizado el concepto de un individuo como una semilla entera o fragmento con la

parte más característica de la misma, como el embrión en el caso de los cereales (Jones, 1990). Este sistema es el empleado mayoritariamente en los estudios aquí recopilados (Alonso, 1999; Bouby, 2014; Buxó, 1993; Montes Moya, 2014; Pérez-Jordà, 2013; Pinaud-Querrac'h, 2021; Rovira, 2007). En este estudio hemos obtenido los datos como aparecen en las publicaciones obtenidas, utilizando los datos de individuos de cada taxón, mientras que, con los datos de cotiledones de leguminosas y bellotas, se ha dividido este número por dos y se ha añadido al número de individuos. En los taxones en los cuales existen individuos y fragmentos del mismo, se ha calculado el número mínimo de individuos, dividiendo el número de fragmentos por dos y sumándolo al total de individuos, hecho realizado en estudios de síntesis similares (Bouby, 2014; Pinaud-Querrac'h, 2021).

Para normalizar y agrupar los taxones se han utilizado los criterios establecidos en otros estudios de síntesis, descartándose las identificaciones que no lleguen a un nivel mínimo de género. En el caso de los taxones identificados como *cf.*, se ha decidido unificarlos con el taxón completo, salvo en el caso del centeno (*Secale cereale*), ya que todos los individuos identificados en el marco geo-cronológico han recibido esta clasificación. Por último, los individuos de un taxón de género se han atribuido a la especie identificada de ese género en el caso de que solo fuese una; si aparecen varios taxones de ese género se han repartido los individuos proporcionalmente entre ellos para no modificar los porcentajes finales de los diferentes taxones, datos utilizados en las cuantificaciones de este trabajo. El nombre de taxón para los trigos desnudos del trigo harinero, duro o túrgido ha sido de *Triticum aestivum/durum*, nomenclatura más común en el área de estudio. Otro taxón unificado ha sido el de las almortas y almortas de monte en *Lathyrus sativus/cicera*, a pesar de que en algunas publicaciones más antiguas se diferencian entre ambas especies, las últimas investigaciones han establecido que no es posible diferenciar entre ambas especies con una observación macroscópica (Mahler-Slasky & Kislev, 2010). Todas las semillas de uva se han establecido como *Vitis vinífera* sin establecer si pertenecen a la subespecie cultivada o silvestre.

La unidad de análisis contemplada ha sido la unidad estratigráfica siempre que ha sido posible, ya que en algunos casos no se especificaba al proceder de estudios antiguos o descontextualizados. Si hay submuestreos o subdivisiones de las UEs por motivos arqueológicos se ha respetado este tipo de división, pero cuando se ha realizado por cuestiones metodológicas a la hora de recoger la muestra, estos datos se han unificado para evitar problemas de duplicidad de datos y sobrerrepresentaciones de algunas especies.

Como hemos visto, se han realizado tres niveles de análisis, el de presencia/ausencia por fases-yacimientos, el de fases-yacimientos con leguminosas y el de muestras con leguminosas. Aunque en los dos primeros la cuantificación se realiza por fases/yacimientos, únicamente en el análisis de presencia/ausencia se ha recogido la información de forma global, en los otros dos niveles la información obtenida ha sido a través de las diferentes muestras, pudiendo de esta forma calcular tanto la frecuencia relativa como la ubicuidad de cada taxón.

2.5.2 Diferentes métodos de cuantificación

Al aumentar los estudios de macrorrestos arqueobotánicos de frutos y semillas se comenzó a intensificar el debate sobre si cuantificar y cómo realizarlo, existiendo un grupo de investigadores que consideraba que solo había que tener en cuenta la presencia de los taxones (Marinval, 1988). Pero a partir de los últimos años de la década de 1980 (Hastorf, 1988; Miller, 1988; Pearsall, 2000; Popper, 1988) y al comienzo de la de 1990 (Hubbard & Clapham, 1992; M. K. Jones, 1991) se establecen diferentes métodos para la descripción cuantitativa de estos restos que se han utilizado en diferentes estudios hasta la actualidad (para ver ejemplos de cada tipo consultar Pearsall, 2000). Y que se ha analizado y resumido en trabajos posteriores (Alonso, 1999; Antolín, 2016; Rovira, 2007)

Los métodos se pueden diferenciar entre plenamente cuantitativos o semi-cuantitativos, teniendo cada uno sus ventajas y desventajas (Jones, 1991). Los primeros utilizan los datos brutos, como el conteo absoluto de los restos por cada taxón, aunque se podría pensar que con esta cuantificación se refleja la interacción entre las comunidades humanas y las plantas, normalmente reflejan los factores de preservación o muestreo (Alonso, 1999). Este conteo puede ser efectivo si se eligen bien los criterios para determinar esa unidad básica, que normalmente se refiere al número mínimo de individuos, utilizado los restos de semillas u otras unidades de conteo, como los restos de la trilla de cereal o frutos, como las bellotas (Antolín, 2016). A pesar de sus limitaciones es uno de los métodos más utilizados, siempre en combinación con otras formas de cuantificación, como el análisis de frecuencias (Alonso, 1999; Antolín, 2016; Buxó, 1997; Montes Moya, 2014; Pérez-Jordà, 2013; Rovira, 2007). Si los datos cuantitativos absolutos de los diferentes taxones en una muestra o yacimiento se transforman en porcentaje sobre el número total de individuos, pasa a ser un método semi-cuantitativo denominado frecuencia relativa.

Otros datos que se estudian de forma puramente cuantitativa son la densidad de los restos por volumen de sedimento tratado o los diferentes ratios que se hayan decidido utilizar (Miller, 1988). Estos últimos se aplican para realizar comparaciones entre yacimientos en términos de densidad por litro de sedimento así como con materiales de referencia experimentales o etnográficos (Antolín, 2016).

El análisis semi-cuantitativo más básico y utilizado es el de la frecuencia de aparición o ubicuidad, el cual utiliza los valores de presencia/ausencia calculando de esta forma la frecuencia de un taxón concreto en el nivel de estudio que estemos realizando (ya sea muestra, yacimiento, región, cronología etc.), se puede expresar como un valor absoluto o como porcentaje sobre el total de muestras o menciones. Es un sistema bastante utilizado, pero tiene ciertas limitaciones al no tiene en cuenta la cantidad de restos de un taxón, dato que también puede ser útil para las interpretaciones (Popper, 1988). Por este motivo se suele combinar con el conteo absoluto de los valores de los taxones, aportando información complementaria entre ambos. Este tipo de cuantificación también suele denominarse ubicuidad, procedente del término anglosajón *ubiquity*. Otro sistema semi-cuantitativo son las escalas de abundancia, obtenidas a través de la frecuencia relativa,

transformando los porcentajes a una escala ordinal, teniendo en cuenta un esquema de categorías o rankings (Popper, 1988). Algunos autores denominan este nuevo índice obtenido a través de una escala ordinal (Bouby, 2014; Jacomet, 2006b, 2007; Pinaud-Querrac'h, 2021), como índice de abundancia. El reescalamiento ordinal hace que los datos sean menos vulnerables a los datos más extremos además de mejorar los resultados en un Análisis Factorial de Correspondencias posterior al no estar tan influenciado por los *outliers*. Otros autores no transforman los datos, utilizando directamente las frecuencias relativas (Antolín, 2016), en conjunto con la ubicuidad. Otro método semi-cuantitativo que ha sido poco utilizado en estudios arqueobotánicos de macrorrestos de frutos y semillas, pero es más habitual en macrorrestos de carbones es el índice de abundancia relativa (IAR). Como la frecuencia relativa y la ubicuidad se encuentran expresadas en el mismo tipo de escala, porcentajes, estos valores se suman, obteniendo un índice con un posible valor mínimo de cero y un máximo de doscientos. Este índice es útil ya que tiene en cuenta tanto la abundancia de un taxón como su presencia, evitando parcialmente que las grandes concentraciones de semillas alteren creen valores atípicos. A pesar de no ser un índice muy común, cada vez está siendo más utilizado en diferentes trabajos de cuantificación (Alonso & Bouby, 2017; Antolín, 2016; Hastorf et al., 2005; Tarongi, 2017).

Otro método de semi-cuantificación es el establecido por Stika y Heiss (2013), en el cual se establece un índice el cual depende del número total de individuos de un yacimiento y el número de muestras tomadas. En un primer paso se tiene en cuenta el número de individuos de un yacimiento, si son menos de 1000, los taxones pueden recibir un valor de 1 si tienen menos de 100 individuos en ese yacimiento o un 2 si son más de 100. En los yacimientos de más de 1000 individuos además de estos dos valores, se otorga un 3 a los taxones cuya abundancia esté entre el 25 y 50% del total de los individuos y un 4 si supera el 50%. En un segundo paso, este número otorgado a cada taxón se multiplica dependiendo del número de muestras total. Si el yacimiento tiene entre 20 y 40, se multiplica por 2; si es entre 40 y 100 se multiplica por 4 y si tiene más de cien muestras se multiplica por 5. Añaden una categoría para los yacimientos con menos de 20 muestras, pero con más de 10.000 restos, multiplicando estos casos por 2.

Este sistema fue modificado por Effenberger (2018), añadiendo 7 categorías al primer paso, otorgando a los taxones situados en yacimientos con menos de 1000 individuos valores de 1 cuando no alcanzan los 10, un índice de 2 cuando tienen entre 10 y 49, 3 entre 50 y 99 y un 4 cuando superan los 100 individuos. En los yacimientos con más de 1000 individuos, las tres primeras categorías se mantienen iguales, pero el valor 4 lo otorgan a taxones que tengan entre 100 y 499, la 5ª categoría la obtienen al superar los 500, mientras que la 6ª es para los taxones que tengan entre el 25 y el 50% de todos los taxones y la 7ª para taxones con más del 50%. En el segundo paso, las categorías cambian según el modelo de Stika y Heiss, se mantiene la primera categoría, multiplicando por 2 el valor otorgado en el primer paso a cada taxón si en el yacimiento se han obtenido entre 20 y 40 muestras, pero se multiplican por 3 cuando son entre 40 y 60, por 4 cuando es entre 60 y 80 y por 5 cuando hay más de 80. Se mantiene la categoría de multiplicar por

2 en los yacimientos con menos de 20 muestras, pero con más de 10.000 individuos (tabla 2.2).

Este último sistema se ha aplicado a una síntesis sobre “leguminosas inferiores” realizado durante la edad de Bronce en la cuenca de los Cárpatos (Filatova et al., 2019), obteniendo buenos resultados. Sin embargo, en este estudio hemos decidido utilizar el índice de abundancia relativa ya que aporta más información sobre la ubicuidad dentro de cada yacimiento, hecho que no queda reflejado en este último método, ya que debido a la naturaleza de muchos estudios en los cuales solo se han utilizado unas pocas muestras, creemos que la aplicación de este modelo podría crear grandes divergencias en nuestro marco geo-cronológico.

Resultado	Paso 1		Paso 2	
	< 1000 restos	>1000 restos	Factor	Número total de muestras
	Cuantificación absoluta			
1	< 10	< 10	x 2	> 20 muestras
2	10-49	10-49	x 3	> 40 muestras
3	50-99	50-99	x 4	> 60 muestras
4	> 100	100-499	x 5	> 80 muestras
5	-	> 500	x 2	> 10 000 muestras
6	-	Cultivo importante (25-50%)		
7	-	Cultivo principal (> 50%)		

Tabla 2.2: Modelo de cuantificación establecido por Effenberguer (2018) a partir de Stika y Hess (2013). Modificado

Al aportar diferente tipo de información normalmente se realizan varios tipos de análisis cuantitativos, combinando de esta forma tanto la información sobre la presencia de un taxón como su abundancia en términos de individuos. En los últimos años, los modelos más utilizados son el índice de abundancia ya transformado en escala ordinal (Bouby, 2014; Jacomet, 2007; Pinaud-Querrac'h, 2021; Ros, 2020) o como frecuencia relativa como porcentaje (Antolín, 2016; Tarongi, 2017), además de combinarlos con análisis de ubicuidad o de presencia ausencia. Como combinación de estos análisis, en los últimos años se ha comenzado a calcular el índice de abundancia relativa (frecuencia relativa + ubicuidad), más utilizado en estudios antracológicos (Hastorf et al., 2005) pero con gran utilidad en los estudios de semillas (Alonso & Bouby, 2017; Antolín, 2016; Tarongi, 2017).

2.5.3 Modelos de cuantificación utilizados en este estudio

Se han dividido los análisis cuantitativos realizados en tres grandes bloques, en el análisis de Presencia/Ausencia, en los análisis de fases/yacimientos con leguminosas y en los análisis de las muestras con leguminosas.

2.5.3.1 Datos por yacimientos

Los datos y los niveles de estudio de los diferentes yacimientos son muy heterogéneos, por lo que se ha decidido realizar un primer análisis de presencia/ausencia con todos los datos, incluidos los yacimientos en los cuales solo se menciona la identificación de las especies sin muestreos. En este caso la unidad de observación es la fase-yacimiento, indicando únicamente si un taxón ha sido identificado o no. Con este análisis se ha comprobado la cantidad de veces que aparece un taxón en el cómputo general además de observarse las diferencias regionales y cronológicas.

En un segundo grupo de análisis se han estudiado los datos carpológicos de las diferentes fases/yacimientos de forma cuantitativa. En un primer caso, se han comparado los diferentes taxones por su número mínimo de individuos (NMI) y su ubicuidad bruta por regiones, cronología y tipo de yacimiento. En una segunda comparación de los resultados por fases/yacimientos se han compararon las frecuencias relativas y las ubicuidades de los taxones en los mismos niveles que en el caso anterior. La frecuencia relativa se ha calculado como el porcentaje total del NMI que tiene un taxón sobre el número total de individuos de las especies cultivadas y recolectadas de cada yacimiento. La ubicuidad está calculada como el porcentaje de muestras que aparece un taxón sobre el número total de muestras de un yacimiento. En este análisis se utilizaron los estudios con publicaciones con información total o parcial, excluyéndose las publicaciones con solo menciones a las especies cultivadas. De una misma forma los yacimientos con un nivel de fiabilidad 1 también se excluyeron. Al estudiarse los datos por yacimientos como unidad de comparación se mantuvieron los que tienen estudios publicados parcialmente ya que los datos finales por yacimiento sí que aparecen en ese tipo de publicaciones.

Tanto en el análisis de presencia/ausencia como en el resto se han separado los datos de las especies cultivadas y recolectadas de las silvestres, ya que se ha seguido otros estudios similares que utilizan este tipo de diferenciación (Bouby, 2014; Pinaud-Querrac'h, 2021). Aunque las dinámicas de estos dos grupos de taxones son diferentes, se realiza esta comparación conjunta para poder comparar el peso de cada especie en el registro total de especies vegetales que se pueden estar utilizando en el marco de estudio. También de esta forma se evita el problema de cuando una especie se pueden considerar cultivada o recolectada, hecho que se da en numerosos frutales y algunas leguminosas de este estudio.

Por último, el análisis comparativo más importante ha sido en el que se ha utilizado el Índice de Abundancia Relativa (IAR), obtenido al sumar la frecuencia relativa y la

ubicuidad obtenidas anteriormente. En este nivel se han comparado los resultados por regiones, cronología y posteriormente cada región por separado en cada periodo cronológico de forma independiente, observando de esta forma los cambios de cada taxón de leguminosa cultivada en detalle.

Con los datos de los análisis de las leguminosas cultivadas por fases/yacimientos se ha realizado un análisis de correspondencia para observar si la distribución de los yacimientos está relacionada con la cronología o la región geográfica, estableciendo diferencias y semejanzas entre estas variables y ver si se producen cambios a lo largo del periodo estudiado. Para realizarse este análisis se ha teniendo en cuenta el índice de abundancia. Este índice consiste en la transformación en una escala ordinal de los porcentajes de la frecuencia relativa. Para realizarlo se han seguido los ejemplos de otros trabajos (Bouby, 2014; Jacomet, 2007; Ros, 2020) en los cuales se han dividido los porcentajes en 4 órdenes:

- 1= Presencia (menor o igual a 2%)
- 2= Poco frecuente (entre un 2% y un 15%)
- 3= Taxón mayoritario (entre un 15 y un 50%)
- 4=Taxón dominante (mayor a un 50%).

Esta transformación es recomendable para evitar las distorsiones que se pueden ocasionar con muestras cuyos individuos pertenezcan prácticamente a un solo taxón, evitando las distorsiones ocasionadas por valores atípicos. Con estas escalas ordinales se ha realizado primero un análisis basado en los taxones cuya ubicuidad total ha superado el 5% de los yacimientos, aunque el nivel establecido para evitar la distorsión que podrían generar los taxones poco frecuentes suele ser del 10%, la comparación realizada sobre el 5% en estudios anteriores al nuestro ha aportado resultados igual de eficaces (Bouby, 2014; van der Veen, 1992). Se han excluido las fases-yacimientos con menos de 35 individuos entre todos los taxones cultivados, utilizándose las descartadas como variables pasivas, es decir que se representan en el gráfico, aunque no se hayan utilizado en los cálculos.

En una experimentación metodológica se ha realizado un análisis de correspondencia con los datos de la frecuencia relativa transformados en la escala nominal anterior, comparando los resultados con un segundo análisis de este tipo, pero basado en el IAR, ya que las leguminosas tienen valores de frecuencias relativas muy bajos y este hecho puede distorsionar los resultados. A pesar de que los valores de IAR que pueden llegar a 200, se ha decidido no cambiar los valores establecidos para restar fuerza a los valores atípicos en los análisis de correspondencias, utilizando la misma escala nominal con la diferencia de que estos datos no son porcentajes como en la frecuencia relativa. Una vez realizados y comparados entre ellos, los resultados han sido mejores en el análisis basado en el IAR, por lo que el resto de comparaciones se han realizado con esta metodología.

Un segundo análisis de correspondencias se ha realizado solo con los taxones que corresponden a leguminosas cultivadas con un IAR mayor a 5, ya que estos taxones son el objetivo principal del estudio y es fundamental ver cómo se asemejan o diferencias los

diferentes yacimientos según estas especies y ver las diferencias y semejanzas cronológicas y geográficas.

En los anexos se han incorporado todos los datos utilizados en el análisis de presencia/ausencia (anexo I), los valores absolutos de individuos y ubicuidad de todos los yacimientos (anexo II) los datos desglosados de cada yacimiento con leguminosas (anexo III) y esos datos transformados en frecuencia relativa, ubicuidad e índice de abundancia relativa (anexo IV). Sobre este último se ha realizado los análisis de correspondencias.

2.5.3.2 Datos por muestra

Los últimos análisis comparativos se han realizado sobre las muestras de los diferentes yacimientos en total. Para este estudio se han utilizado las muestras en las cuales al menos un taxón de leguminosa tenga una frecuencia relativa de al menos un 10%. En un principio se consideró hacer este análisis con todas las muestras con leguminosas o con al menos 5 individuos totales de leguminosas. Sin embargo, los resultados eran muy similares a las comparaciones por yacimientos, generándose distorsiones por las muestras con muy pocos individuos, por lo que finalmente se descartó esta posibilidad. En este análisis se han desestimado las muestras con menos de 35 individuos de taxones cultivados totales.

Las muestras estudiadas proceden de yacimientos donde la información sobre los macrorrestos de frutos y semillas se encontraba completa, descartando los casos con publicaciones parciales o sin tratamiento de muestreo específico. Por lo tanto, solo se han tenido en cuenta las muestras con un tipo de publicación “Todo” y una fiabilidad de la categoría 2 y 3, excluyendo a las muestras que no reunían estos requisitos.

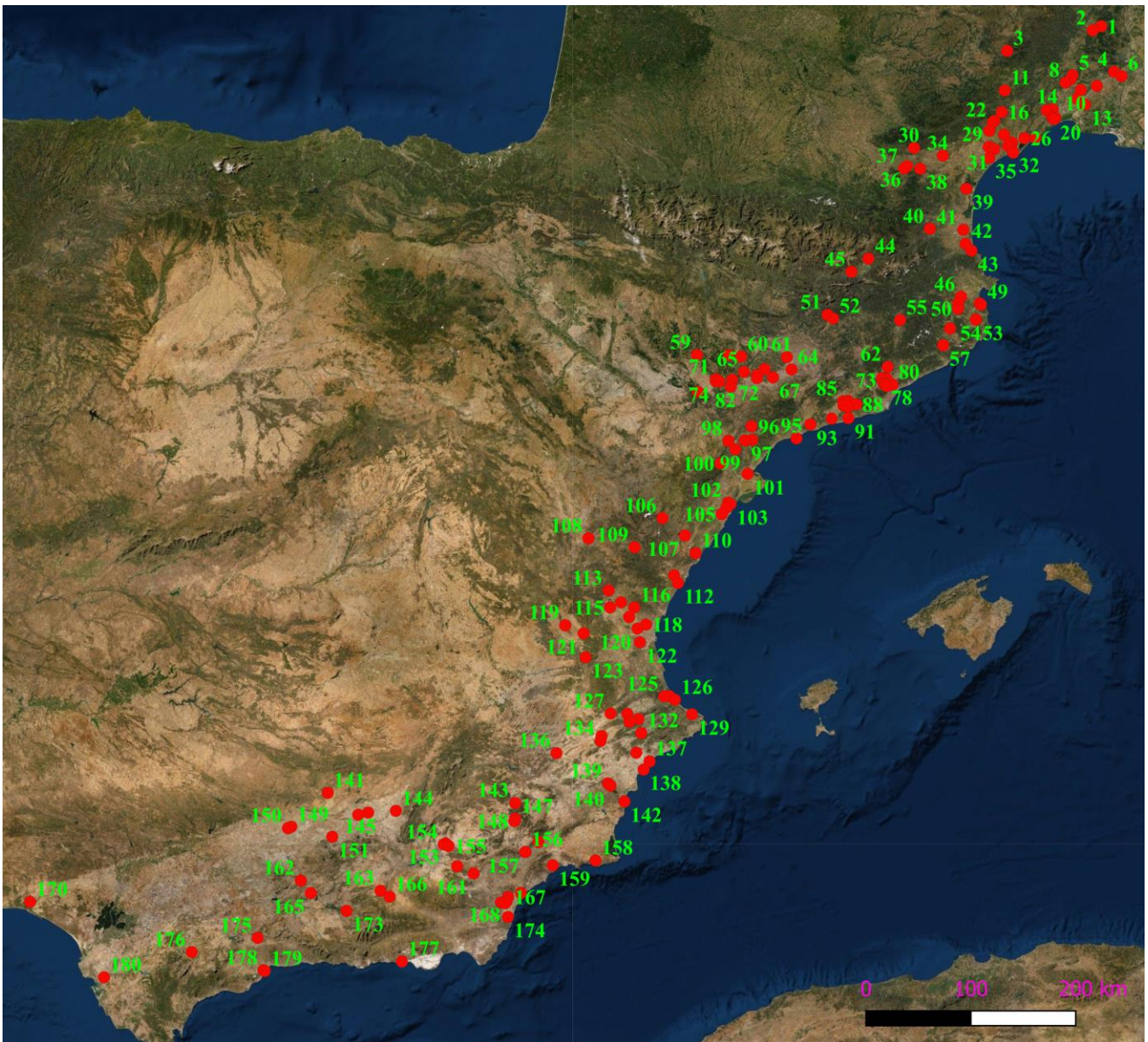
Se ha realizado una primera comparación con los datos en bruto para observar qué valores tiene cada taxón a nivel general y también en las diferentes cronologías, regiones y contextos arqueológicos. La frecuencia relativa del número mínimo de individuos y la ubicuidad de los taxones de leguminosas en las muestras seleccionadas de todo el marco geo-cronológico también han sido analizadas. Estos valores se han comparado en las diferentes regiones y periodos cronológicos para observar las peculiaridades de cada uno.

Posteriormente se ha realizado un análisis de correspondencias utilizando los índices de abundancia calculados a través de la conversión de la frecuencia relativa en la escala ordinal descrita anteriormente. Al realizarse este estudio sobre muestras no ha sido necesaria la utilización de la ubicuidad ni del índice de abundancia relativa, ya que las propias muestras aportan ese dato, realizándose exclusivamente con el índice de abundancia.

Como en el caso de los yacimientos se ha realizado un primer análisis de correspondencia con todos los taxones que estuviesen presentes en al menos el 5% de las muestras. También se tuvieron en cuenta solo las muestras con más de 35 individuos, utilizándose el resto de datos como variables pasivas. El segundo análisis se realizó solo sobre las

especies de leguminosas cultivadas, utilizándose el resto de taxones como variables pasivas.

En los anexos se han incorporado todas las muestras con más de 35 individuos y una frecuencia relativa de al menos un 10% (anexo V); todas las muestras con los taxones de plantas adventicias y cultivadas en las que la suma de los taxones de leguminosas superase el 30% de frecuencia relativa (anexo VI) y los datos de las concentraciones con más de un 75% de frecuencia relativa entre los taxones de leguminosas cultivadas (anexo VII). También se han añadido los resultados estadísticos de los análisis de correspondencias realizados.



Mapa 2.1: Distribución de los diferentes yacimientos. El número hace referencia a los valores de la tabla inferior

Nº	Yacimiento	Ciudad	Provincia
1	Prével Supérieur	Montclus	Gard
2	Hasard	Tharoux	Gard
3	Baume Layrou	Trèves	Gard
4	Marduel	Saint-Bonnet-du-Gard	Gard
5	Jouffè	Montmirat	Gard
6	Sables (Les)	Théziers	Gard
7	Arriasse	Vic-le-Fesq	Gard
8	Plan Tour	Gailhan	Gard
9	Mas de Vignoles 10	Nîmes	Gard
10	Liquière	Calvisson	Gard
11	Saint Etienne	Saint Etienne de Gourgas	Hérault
12	Ambrussum	Villetelle	Hérault
13	Cailar	Le Cailar	Gard
14	Sextantio	Castelnau-le-Lez	Hérault
15	Lycée Technique	Montpellier	Hérault
16	Courtinals	Mourèze	Hérault
17	Chemin Saint Pierre	Lattes	Hérault
18	Mas de Causse	Lattes	Hérault
19	Port Ariane	Lattes	Hérault
20	Lattara	Lattes	Hérault
21	Roc de Murviel	Montesquieu	Hérault
22	Devèzes	Montesquieu	Hérault
23	Montfau	Magalas	Hérault
24	Garennes	Tourbes	Hérault
25	Fangade	Sète	Hérault
26	Conque	Mèze	Hérault
27	Mont Joui	Florensac	Hérault
28	Monédière	Bessan	Hérault
29	Petit Garlambaud	Béziers	Hérault
30	Cazals	Sallèles-Cabardès	Aude
31	Acropole	Villeneuve les Béziers	Hérault
32	Conesa	Agde	Hérault
33	Motte	Agde	Hérault
34	Mourrel-Ferrat	Olonzac	Hérault
35	Portal Vielh	Vendres	Hérault
36	Carsac	Carcassonne	Aude
37	Gravette	Cavanac	Aude
38	Laouret	Floure	Aude
39	Pech Maho	Sigean	Aude
40	Bélesta	Bélesta de la Frontière	Pyrénées-Orientales
41	Ruscino	Château Roussillon	Pyrénées-Orientales
42	Corbières	Elne	Pyrénées-Orientales
43	Ravaner 1	Argelès-sur-Mer	Pyrénées-Orientales
44	Llo	Lo lladre	Pyrénées-Orientales
45	Cova d'Anes	Prullans	Lleida
46	Mas Castelar	Pontós	Girona
47	Camps de l'Hospital	Vilademuls	Girona
48	Sant Martí d'Empúries	Sant Martí d'Empúries	Girona
49	Ampúrias	L'Escala	Girona
50	Mas dels Farres	Vilademuls	Girona
51	Cova de les Portes	Lladurs	Lleida
52	Sant Esteve	Olius	Lleida
53	Illa d'en Reixac	Ullastret	Girona
54	Puig de Sant Andreu	Ullastret	Girona
55	Institut de Batxillerat Antoni Pous	Manlleu	Barcelona
56	Camp de Can Massot	Fornells de la Selva	Girona
57	Turó del Montgròs	El Brull	Barcelona
58	El Vilot II	Almacelles	Lleida
59	La Codera	Alcolea de Cinca	Huesca
60	Pla del Tabac	Alguaire	Lleida
61	Molí de l'Espigol	Tornabous	Lleida
62	Torre Roja	Caldes de Montbui	Barcelona
63	Tossal de les Tenalles	Sidamón	Lleida
64	Estinclells	Verdú	Lleida
65	Roques del Sarró	Lleida	Lleida
66	Margalef	Torregrossa	Lleida
67	Vilars	Arbeca	Lleida
68	Minferri	Juneda	Lleida
69	Can Gambús 2	Sabadell	Barcelona
70	Can Roqueta	Sabadell	Barcelona
71	Cova Punta Farisa	Fraga	Huesca
72	Gebut	Soses	Lleida
73	Bòbila Madurell	Sant Quirze del Vallés	Barcelona
74	Masada del Ratón	Fraga	Huesca
75	Vincament	Fraga	Huesca
76	Sitges UAB	Cerdanyola	Barcelona
77	Medicina	Cerdanyola	Barcelona
78	Can Xercavins	Cerdanyola	Barcelona
79	Ca n'Olivé	Cerdanyola	Barcelona
80	Les Malesses	Montcada i Reixac	Barcelona
81	Plana del Castell	Cerdanyola	Barcelona
82	Genó	Aitona	Lleida
83	Tozal de los Regallos	Candasnos	Huesca
84	El Bordellet	Vilafranca	Barcelona
85	Mas d'en Boixos	Pacs del Penedes	Barcelona
86	Santa Maria dels Horts	Vilafranca	Barcelona
87	Cinc Ponts	Vilafranca	Barcelona
88	Font de la Canya	Avinyonet	Barcelona
89	Mas Pujó	Vilafranca	Barcelona
90	Olèrdola	Olèrdola	Barcelona
91	Xalet Nin-Darró	Vilanova i la Geltrú	Barcelona
92	Mas d'en Gual	El Vendrell	Tarragona

Nº	Yacimiento	Ciudad	Provincia
93	Era del Castell	El Catllar	Tarragona
94	Calvari del Molar	Molar	Tarragona
95	La Cella	Salou	Tarragona
96	Castellet de Banyoles	Tivissa	Tarragona
97	Barranc Gàfols	Ginestar	Tarragona
98	Coll del Moro	Gandesa	Tarragona
99	Castellot de la Roca Roja	Benifallet	Tarragona
100	Els Malladarets	Alfara de Carles	Tarragona
101	Bordissal	Camarles	Tarragona
102	Sant Jaume	Alcanar	Tarragona
103	La Moleta de Remei	Alcanar	Tarragona
104	Puig de la Misericordia	Benicarló	Castellón
105	Puig de la Nau	Benicarló	Castellón
106	Ereta del Castellar	Vilafranca	Castellón
107	Tossal de la Vila	Serra d'en Galceran	Castellón
108	La Sima del Ruidor	Aldehuela	Teruel
109	Los Morrones	Cortes de Arenoso	Castellón
110	Tossal del Mortórum	Cabanes	Castellón
111	Torrelló d'Almassora	Almassora	Castellón
112	Vinarragell	Borriana	Castellón
113	Castillarejo de los Moros	Andilla	Valencia
114	Castellet Bernabé	Lliria	Valencia
115	La Seña	Villar del Arzobispo	Valencia
116	Puntal dels Llops	Olocau	Valencia
117	Edeta	Lliria	Valencia
118	Tos Pelat	Moncada	Valencia
119	Kelin	Caudete de las Fuentes	Valencia
120	Lloma de Betxí	Paterna	Valencia
121	La Peladilla	Requena	Valencia
122	Muntanyeta de Cabrera	Torrent	Valencia
123	La Cardosilla	Requena	Valencia
124	La Vital	Gandía	Valencia
125	Cova de Recambra	Gandía	Valencia
126	Barranc de Beniteixir	Piles	Valencia
127	La Bastida de les Alcusses	Moixent	Valencia
128	Arenal de la Costa	Ontinyent	Valencia
129	Alt de Benimaquia	Denia	Alicante
130	La Mola d'Agres	Agres	Alicante
131	Cova de la Sarsa	Bocairent	Valencia
132	El Puig d'Alcoi	Alcoi	Alicante
133	Cabezo Redondo	Villena	Alicante
134	Terlinques	Villena	Alicante
135	L'Altet de Palau	La Font de la Figuera	Valencia
136	Cueva de los Tiestos	Jumilla	Murcia
137	Illeta dels Banyets	El Campello	Alicante
138	Tossal de les Basses	Alacant	Alicante
139	Les Moreres	Crevillent	Alicante

Nº	Yacimiento	Ciudad	Provincia
140	El Botx	Crevillent	Alicante
141	Peñalosa	Baños de la encima	Jaén
142	La Fonteta	Guardamar del Segura	Alicante
143	Cueva del Calor	Cehegín	Murcia
144	Los Turruñuelos	Santo Tomé	Jaén
145	Eras del Alcázar	Úbeda	Jaén
146	Cerro del Alcázar	Baeza	Jaén
147	El rincón de Almendricos	Coy	Murcia
148	Cerro de las Viñas	Coy	Murcia
149	Los Alcores	Porcuna	Jaén
150	El Berral	Porcuna	Jaén
151	Puente Tablas	Jaén	Jaén
152	Bastida	Totana	Murcia
153	Fuente Amarga	Galera	Granada
154	Castellón Alto	Galera	Granada
155	Cerro de la Virgen	Orce	Granada
156	Madres Mercaderías	Lorca	Murcia
157	Zapata	Lorca	Murcia
158	Cabezo de la Cruz	Cartagena	Murcia
159	Ifre	Mazarrón	Murcia
160	El Malagón	Cúllar	Granada
161	El Picacho	Oria	Almería
162	Cerro de la Cruz	Almendingilla	Córdoba
163	Cuesta del Negro	Purullena	Granada
164	El Oficio	Cuevas de Almanzora	Almería
165	Los Castillejos	Montefrío	Granada
166	Guadix (c/ San Miguel y Concepción)	Guadix	Granada
167	Fuente álamo	Cuevas de Almanzora	Almería
168	Garcel	Antas	Almería
169	Fuente Vermeja	Antas	Almería
170	Huelva	Huelva	Huelva
171	Lugarico Viejo	Antas	Almería
172	El Argar	Antas	Almería
173	Callejón del Gallo	Granada	Granada
174	Gatas	Turre	Almería
175	Cueva del Toro	Antequera	Málaga
176	Acinipo	Ronda	Málaga
177	Cerro de Montecristo	Adra	Almería
178	La Rebanadilla	Málaga	Málaga
179	Cerro del Villar	Málaga	Málaga
180	Castillo de Dña. Blanca	Puerto de Santa María	Cádiz

2.6 Resultados

2.6.1. Análisis de Presencia/Ausencia

En total se han tomado datos para el análisis de Presencia/Ausencia de 206 fases cronológicas procedentes de 179 yacimientos. 57 de estas fases-yacimientos se han agrupado en la cronología más antigua, comprendida entre el 2200 y el 1300 a.C.; 37 en la cronología establecida entre el 1300 y el 750 a.C.; 51 entre el 750 y el 500 a.C., y finalmente 61 entre el 500 y el 200 a.C. En general existe un reparto bastante homogéneo entre las 4 fases cronológicas salvo para la establecida entre el 1300-750, la cual tiene significativamente menos fases-yacimientos.

La región con más fases-yacimientos es el Noreste con 71, seguido del Norte con 57, continuando con el Sureste con 42 y el Centro con 36. En la variable regional se aprecia una distribución más heterogenea que en la cronología.

En el Sureste la mayoría de fases-yacimientos se sitúan en el periodo cronológico más antiguo, ya que 30 fueron datados entre el 2200 y el 1300 a.C., sin embargo, solo tres se han fechado en el segundo periodo (1300-750 a.C.), 5 en el tercero (750-500 a.C.) y 4 en el más reciente (500-200 a.C.), por lo que los datos en esta región se encuentran muy desequilibrados a nivel cronológico, hecho que hay que tener en cuenta a la hora de interpretar los datos.

En la región central las fases-yacimientos se encuentran algo más repartidos por los periodos cronológicas, con 13 datados entre el 2200 y el 1300 a.C.; 4 entre el 1300 y el 750 a.C.; 9 entre el 750 y el 500 a.C. y 10 entre el 500 y el 200 a.C.

En el Noreste, 12 yacimientos se encuentran dentro del primer periodo cronológico, 8 en el segundo, 18 en el tercero y 31 en el cuarto periodo. A diferencia de la región sur, en este caso nos encontramos un desequilibrio al tener más información de las cronologías de las dos edades del Hierro que de la edad del Bronce, hecho que hay que tener en cuenta al interpretar los datos. Sin embargo, es algo menor al tener un relativo número de yacimientos en las dos primeras fases.

En el Norte, dos fases-yacimientos se han datado en el primer periodo, 21 en el segundo, 17 en el tercero y 16 en el cuarto. Como ya se ha visto, en el primer periodo existen pocos yacimientos con este tipo de estudios en esta región, estando la mayoría inéditos o con publicaciones de difícil acceso. En este caso la región queda descompensada por la falta de datos en las primeras fases de la edad de Bronce, hecho ya remarcado por investigaciones anteriores (Bouby, 2014). La mayoría de yacimientos del segundo periodo son de esta región (21 de 37), hecho que hay que tener en cuenta al interpretar los datos por periodos cronológicos (fig. 2.7).

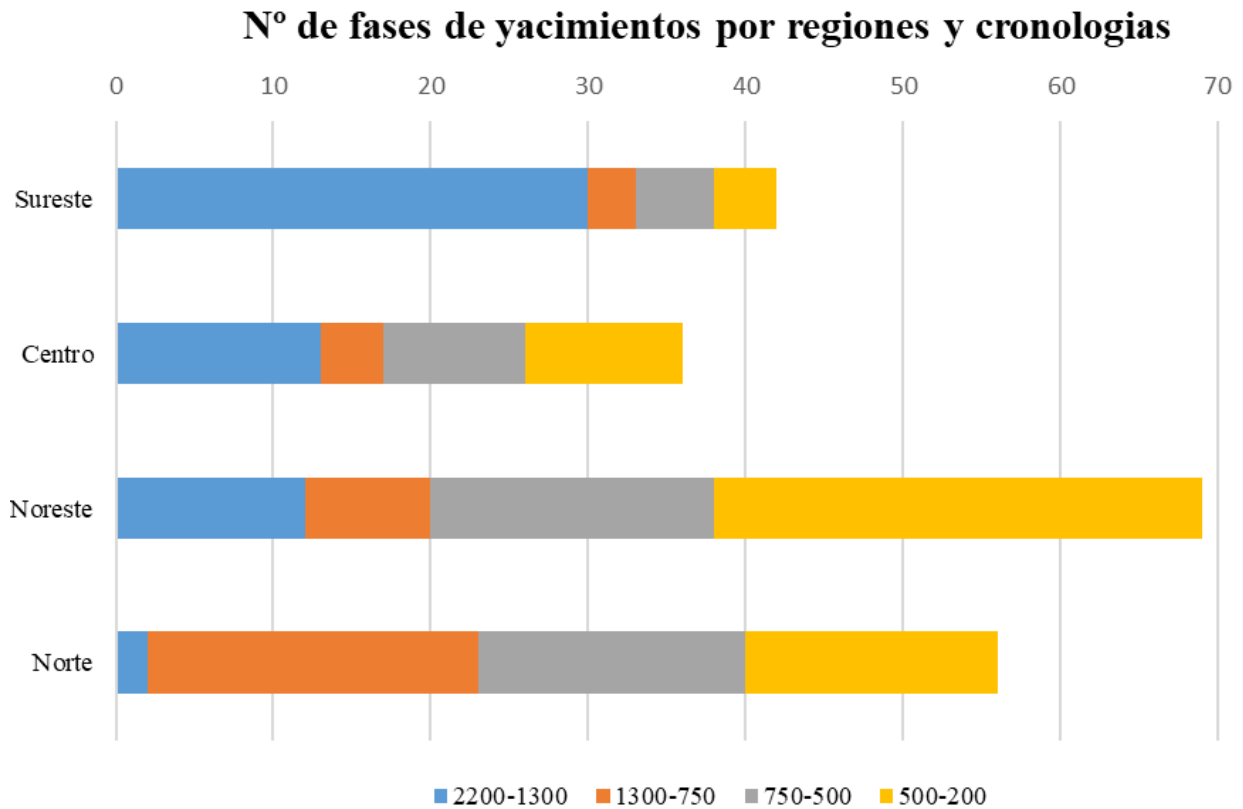
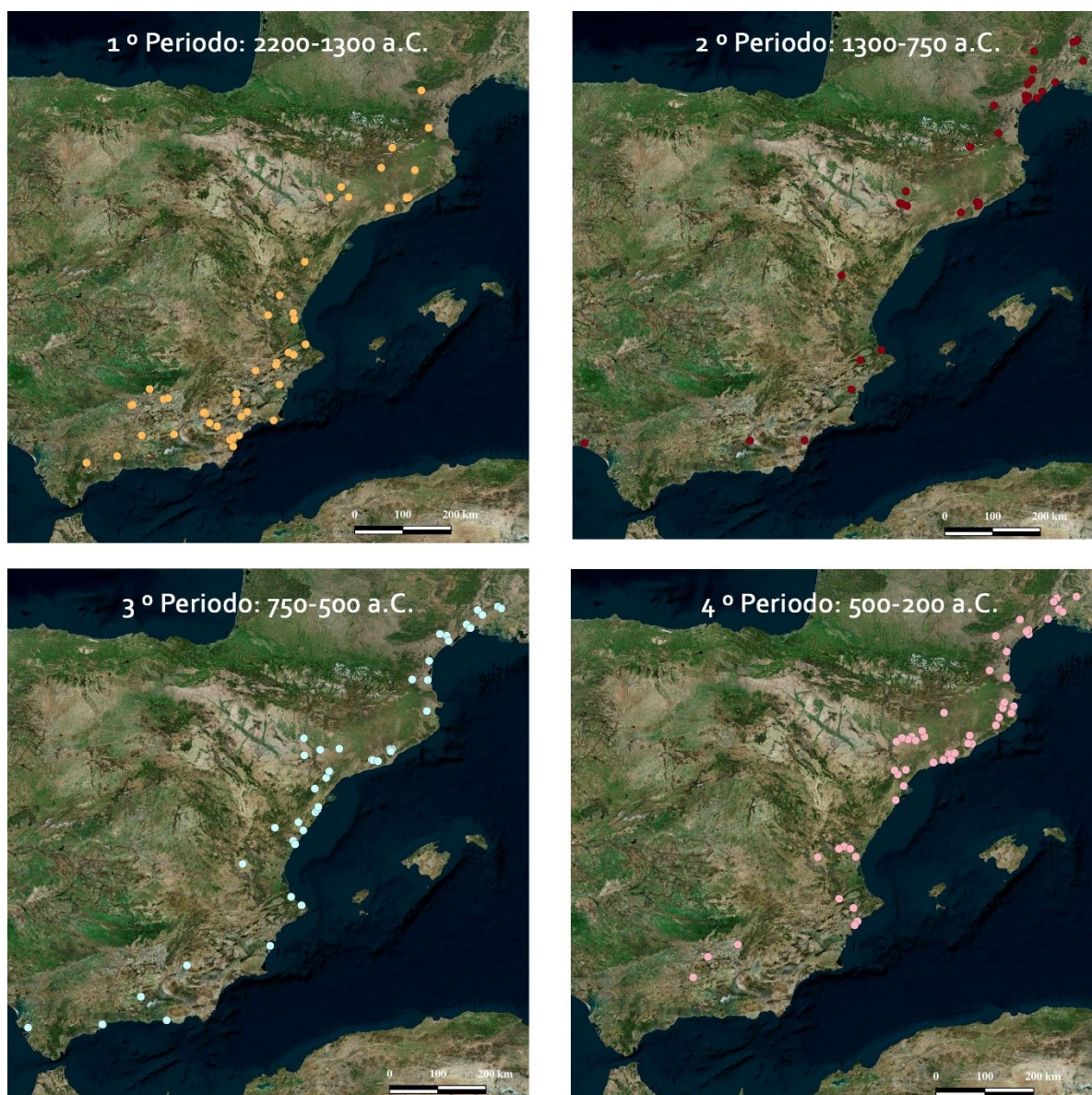


Figura 2.7: Fases de yacimientos observadas en cada región y periodo en el análisis de presencia y ausencia

En general se aprecia cómo los yacimientos de la primera fase cronológica se encuentran en mayor número en el sur y centro, los del segundo periodo son más numerosos en el norte, mientras que los del tercer y cuarto periodo se reparten entre todas las regiones salvo Andalucía, ya que tiene pocos estudios en estas cronologías (mapas 2.2).



Mapa 2.2: Fases yacimientos en cada periodo cronológico

El tipo de publicación más común para este estudio, han sido los estudios completos, con 183 de las 206 fases de yacimientos, mientras que en 16 casos la información se encontraba publicada parcialmente y en 7 no se especificaba el uso de metodología al ser publicaciones antiguas en las cuales solo se nombran la presencia de algunos taxones. De las publicaciones parciales 11 se encuentran en el Sureste, 1 en el Noreste y 4 en el Norte. Las publicaciones sin metodología descrita se sitúan 6 en el Sureste y una en la región central. Cronológicamente la totalidad de muestras sin metodología se encuentran datadas en el primer periodo cronológico, relacionados con los yacimientos de la cultura argárica del Sureste, en los cuales se han identificado semillas de diferentes taxones, pero al ser publicaciones muy antiguas no se especifica ni el muestreo ni la cuantificación. Las

publicaciones parciales se reparten entre las diferentes fases cronológicas con 8 en el primer periodo, 1 del segundo, 3 del tercero y 4 del cuarto.

Por fiabilidad, 22 fases-yacimientos se clasificaron como 1, poco fiables; 23 como 2, con una fiabilidad intermedia y finalmente el resto (161) se clasificaron como muy fiables. Las fases poco fiables se localizan principalmente en el Sureste (12), y en el Norte (8), con solo 1 en cada región restante. Las fases con una fiabilidad intermedia se localizan 3 en el Sureste, 4 en el Centro, 4 en el Noreste y 11 en el Norte. Entre el 2200 y el 1300 a.C., hay 12 fases de yacimientos poco fiables; 3 entre el 1300 y el 750 a.C.; 4 entre el 750 y el 500 a.C. y 3 entre el 500 y el 200 a.C. Mientras que en el caso de las intermedias 5 corresponden al primer periodo cronológico, 7 al segundo, 4 al tercero y 7 al cuarto (fig. 2.8).

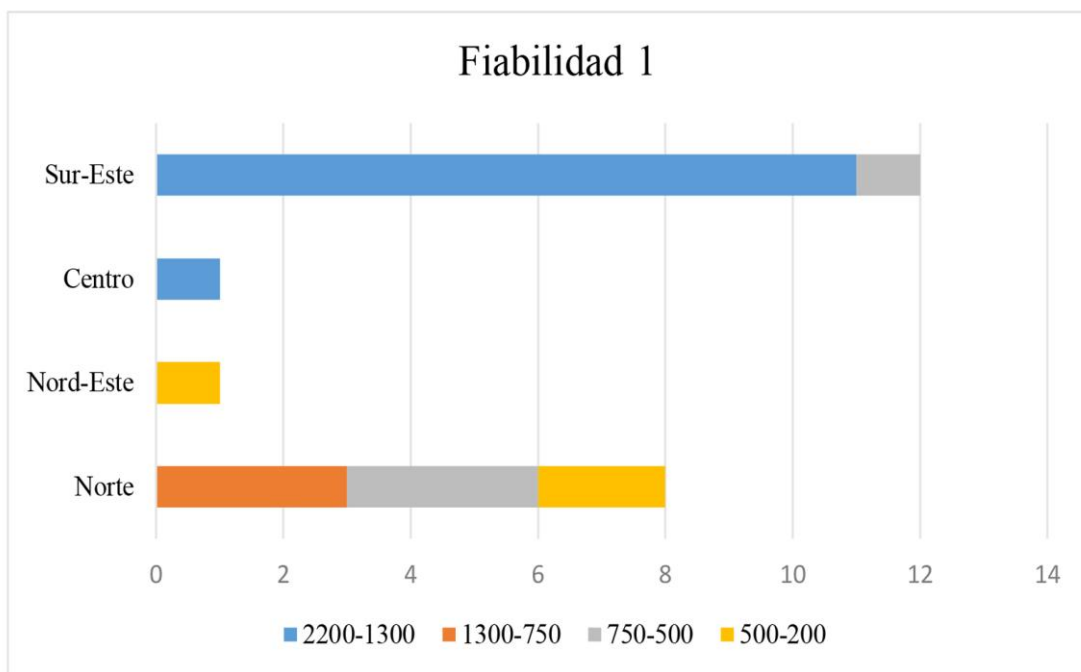


Figura 2.8a: Fases de yacimientos con niveles poco fiables

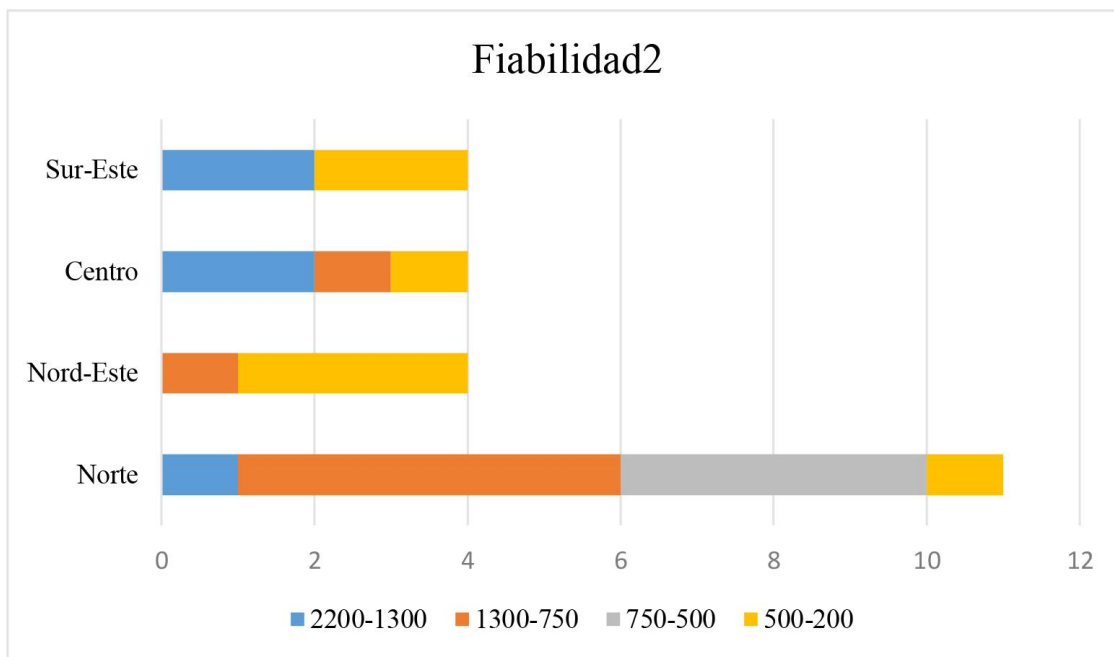


Figura 2.8b: Fases de yacimientos con niveles de fiabilidad intermedia

De las 206 fases de yacimientos analizadas, 100 proceden de asentamientos clasificados como poblados, 64 como asentamientos rurales/agrícolas, 11 como núcleos de actividad económica específica, 10 como aldeas dispersas, 9 como otros, 8 como asentamientos urbanos y 4 como pequeñas fortificaciones.

En la región del Sureste, 32 fases-yacimientos se clasificaron como poblados, 3 como asentamientos rurales/agrícolas, 4 como otros, 1 como aldea dispersa, 1 como núcleo de actividad económica específica y 1 como urbano.

En la región central, 19 asentamientos se clasificaron como poblados, 7 como asentamientos rurales/agrícolas, 3 como urbanos, 3 como otros, 2 como núcleos de actividad económica específica y 2 como pequeñas fortificaciones.

En el Noreste, 29 fases-yacimientos se clasificaron como poblados, 19 como asentamientos rurales/agrícolas, 9 como aldeas dispersas, 8 como núcleos de actividad económica específica, 3 como urbanos, 2 como pequeñas fortificaciones y 1 como otros.

En el norte 35 fases-yacimientos se clasificaron como asentamientos rurales/agrícolas, 20 como poblados, 1 como urbano y 1 como otros (fig. 2.9).

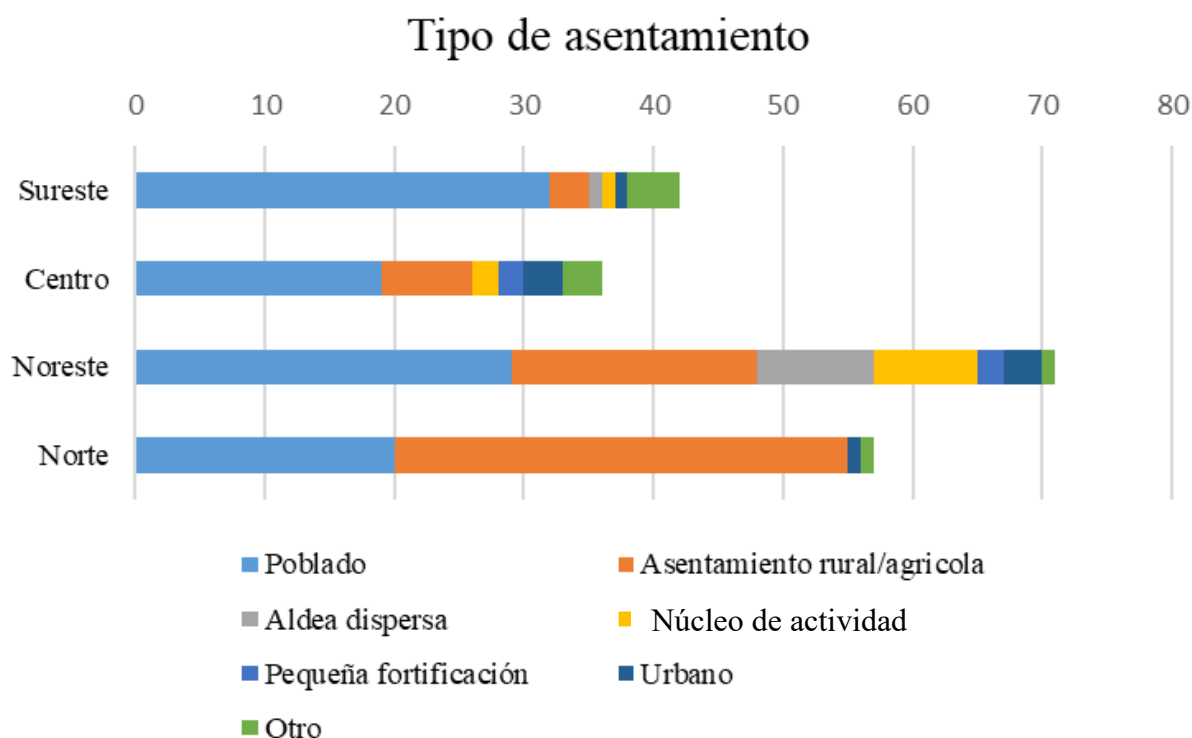


Figura 2.9: Tipos de yacimientos por regiones

Existe una mayor proporción de poblados en las regiones del Sureste y del centro. Este hecho se debe a que las culturas del bronce de estas cronologías son más complejas, desarrollando poblados con urbanismo durante esta fase cronológica, hecho que en el Noreste solo se da en un área muy concreta (valles del Segre y Cinca) a partir del 2 periodo (López, 2000), mientras que en el resto de esta región y en el norte no aparecerán hasta el 3 periodo.

Por cronologías, entre el 2200 y el 1300 a.C., se han identificado 26 poblados (todos ellos del Sureste y del centro), 17 asentamientos rurales/agrícolas, 6 como otros, 3 aldeas dispersas, 2 núcleos de actividad económica específica y 1 pequeña fortificación.

Entre el 1300 y el 750 a.C., se han identificado 25 asentamientos rurales/agrícolas 7 poblados, 5 aldeas dispersas, 1 núcleo de actividad económica específica y 1 otro.

Entre el 750 y el 500 a.C., 26 yacimientos se han clasificado como poblados, 13 como asentamientos rurales/agrícolas, 3 como núcleos de actividad económica específica, 3 como pequeñas fortificaciones, 2 como urbanos, 1 como aldea dispersa y 1 como otros.

Entre el 500 y el 200 a.C., 41 asentamientos se definieron como poblados, 9 como asentamientos rurales/agrícolas, 6 como urbanos, 5 como núcleos de actividades económicas específicas, 1 como aldea dispersa y 1 como otros (fig. 2.10).

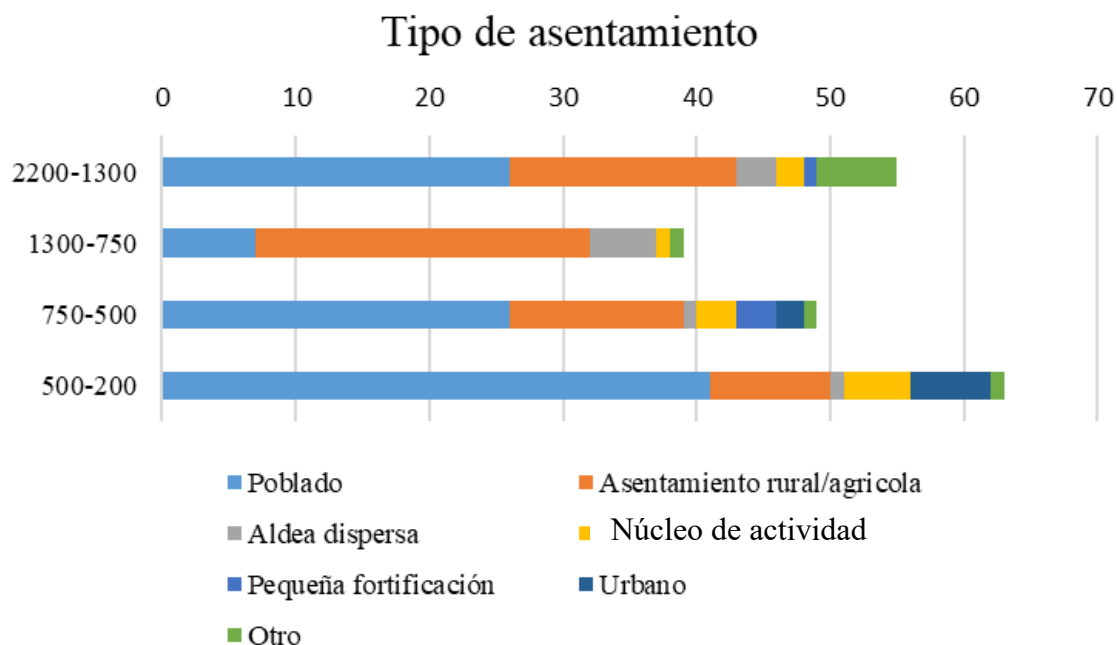


Figura 2.10: Tipos de yacimientos por cronología

2.6.1.1 Total por taxón

Aunque esta investigación se centra en las leguminosas realizamos una primera descripción sobre los principales taxones documentados, la información desglosada de todos los taxones se encuentra en el Anexo I de este trabajo.

En todo el marco geo-cronológico los taxones más frecuentes son algunos cereales, como la cebada vestida (*Hordeum vulgare vulgare*), presente en el 91,75% de las fases-yacimientos; y el trigo harinero/duro desnudo (*Triticum aestivum/durum*), presente en el 81,55%. Ya con valores menores se encuentra el trigo farro (*Triticum dicoccum*) con un 55,34%. Con valores ya más bajos y por detrás de algunas leguminosas y frutales está el mijo (*Panicum miliaceum*) con un 33,01%, la escaña menor (*Triticum monoccocum*) con un 26,70% de presencias la cebada desnuda (*Hordeum vulgare nudum*) con un 26,21%, el panizo (*Setaria italica*) con un 20,39% y el trigo desnudo compacto (*Triticum aestivum/durum compactum*), presente en el 17,9% de las fases-yacimientos. Otros cereales tienen muy pocas menciones, como la espelta (*Triticum spelta*), la avena cultivada (*Avena sativa*) y el centeno (*Secale cereale*).

La leguminosa más presente en todas las fases-yacimiento es el haba, con un 33,98% (*Vicia faba*), aunque su presencia es menor que 3 cereales y la uva, ya sea doméstica o cultivada. La siguiente leguminosa más frecuente es la lenteja (*Lens culinaris*) con un

31,07% y los guisantes (*Pisum sativum*) presentes en el 28,26% de las fases-yacimiento. Las almortas (*Lathyrus cicera/sativus*), están algo menos presentes, con un 23,3%. Con menos menciones están los yeros (*Vicia ervilia*) y las vezas (*Vicia sativa*) con un 13,11% y 11,17% respectivamente. Los garbanzos aparecen en 6 yacimientos, que representa un 2,91% de las 206 fases-yacimientos. La última leguminosa cultivada es la alfalfa, presente en 3 ocasiones (1,46%) (tabla 3.3).

Otro tipo de taxones bastante frecuentes en el Mediterráneo Occidental son los frutales, los cuales probablemente fuesen recolectados hasta el siglo VIII/VII a.C., como la uva (*Vitis vinifera*), 47,6% de las fases-yacimiento y el higo (*Ficus carica*) con un 22,8%, otros frutales están presentes, pero no hay evidencias claras de su cultivo en toda la región, como el olivo (*Olea europaea*) presente en un 16% de las fases-yacimientos, mientras que el resto de frutales casi no están presentes (Anexo I). Como otras plantas cultivadas con una presencia relativamente alta está el lino (*Linum usitatissimum*) con un 15% y la adormidera con un 4,85% de menciones.

Entre las especies recolectadas que no se domesticaron durante este periodo destaca la bellota, procedente de diferentes especies, con un 30,58%, el lentisco (*Pistacia lentiscus*) con un 13,1% y la zarzamora (*Rubus fruticosus*) con un 11,2%.

Taxones	Nº Presencias	%
Leguminosas		
<i>Fabaceae</i>	42	20.39
<i>Lathyrus sativus/cicera</i>	48	23.30
<i>Lens culinaris</i>	64	31.07
<i>Pisum sativum</i>	58	28.16
<i>Vicia ervilia</i>	27	13.11
<i>Vicia faba minor</i>	70	33.98
<i>Vicia sativa</i>	23	11.17
<i>Medicago sativa</i>	3	1.46
<i>Cicer arietinum</i>	6	2.91
Cereales		
<i>Hordeum vulgare vulgare</i>	189	91.75
<i>Hordeum vulgare nudum</i>	54	26.21
<i>Triticum aestivum/durum</i>	168	81.55
<i>Triticum a/d compactum</i>	37	17.96
<i>Triticum dicoccum</i>	114	55.34
<i>Triticum monoccocum</i>	55	26.70
<i>Panicum miliaceum</i>	68	33.01
<i>Setaria Italica</i>	42	20.39
Frutales		
<i>Ficus carica</i>	47	22.82
<i>Olea europaea</i>	33	16.02
<i>Pistacia lentiscus</i>	27	13.11
<i>Quercus sp.</i>	63	30.58
<i>Rubus fruticosus</i>	23	11.17
<i>Vitis vinifera</i>	98	47.57
Otras		
<i>Linum usitatissimum</i>	31	15.05
<i>Papaver somniferum</i>	10	4.85
Nº Total fases de yacimientos	206	100

Tabla 2.3: Presencias totales de los taxones principales en el marco geocronológico y el porcentaje de fases de yacimientos en los que aparecen

2.6.1.2 Regiones

Las leguminosas tienen presencias desiguales en cada región. De los 8 taxones tenidos en cuenta 6 están presentes en más del 10% de las fases-yacimientos. El taxón genérico de leguminosa cultivada sin mayor especificación no se ha tenido en cuenta en este ni en los siguientes análisis, sin embargo, se han recopilado estos datos para tener una idea de la presencia de este tipo de restos. El taxón más presente es el de las habas, especialmente en Andalucía, donde aparecen en el 57,14% de las fases-yacimientos, siendo el cuarto taxón más frecuente de la región. En Valencia su presencia es bastante alta, alcanzando el 38,9% y siendo el quinto taxón más frecuente. En las regiones al norte del Ebro su presencia disminuye a un 28,1% en Cataluña y un 21,05% en Languedoc, ocupando la séptima y la undécima posición. En estas dos áreas no son la leguminosa más presente, siendo superada por las lentejas en ambas regiones además de las almortas y los yeros en Languedoc. La lenteja es el segundo taxón más frecuente en el marco geográfico, sin embargo, su presencia también varía de una región a otra; destacando en Cataluña con un 43,66% de presencia, mientras que en Languedoc y Valencia su presencia es entorno al 27% y en Andalucía del 19,05%. A continuación, se encuentran los guisantes, con una alta presencia en el Sureste (50%) y en el Noreste (26,76%); mientras que en el centro y el norte su presencia disminuye, quedándose en torno al 19%. Las almortas tienen un mayor número de menciones en los yacimientos del norte del Ebro, especialmente en Languedoc, con un 31,58%, siendo la leguminosa más frecuente. En Cataluña su presencia es de un 23,94%, mientras que en las dos regiones del sur del Ebro su presencia es del 16,67% en cada una. Con un número menor de menciones se encuentran los yeros, que alcanzan un 22,8% en Languedoc y un 16,67% en Andalucía, pero en Cataluña su presencia es solo del 8,45% y en Valencia del 2,78%. La última leguminosa cultivada con una presencia superior al 10% es la veza, con una mayor presencia en el Noreste con un 15,5%, en torno a un 11% en las regiones al sur del Ebro y de un 5,26% en Languedoc; hay que tener en cuenta que esta especie puede no estar cultivada al encontrarse en estado silvestre, siendo complicado establecer el momento en el cual comienza su cultivo. Finalmente, el garbanzo se ha identificado en las cuatro regiones, pero con una presencia muy baja, menor al 5% en todas ellas; la alfalfa solo aparece en las dos regiones del norte del Ebro, pero con un porcentaje menor al 3%, pudiendo no estar cultivada al ser una especie que se encuentra en estado silvestre en el área de estudio. En líneas generales se aprecia como algunas especies son más frecuentes en el norte, como las lentejas y las almortas, mientras que las habas son más frecuentes en las dos regiones situadas al sur del Ebro (fig. 2.11).

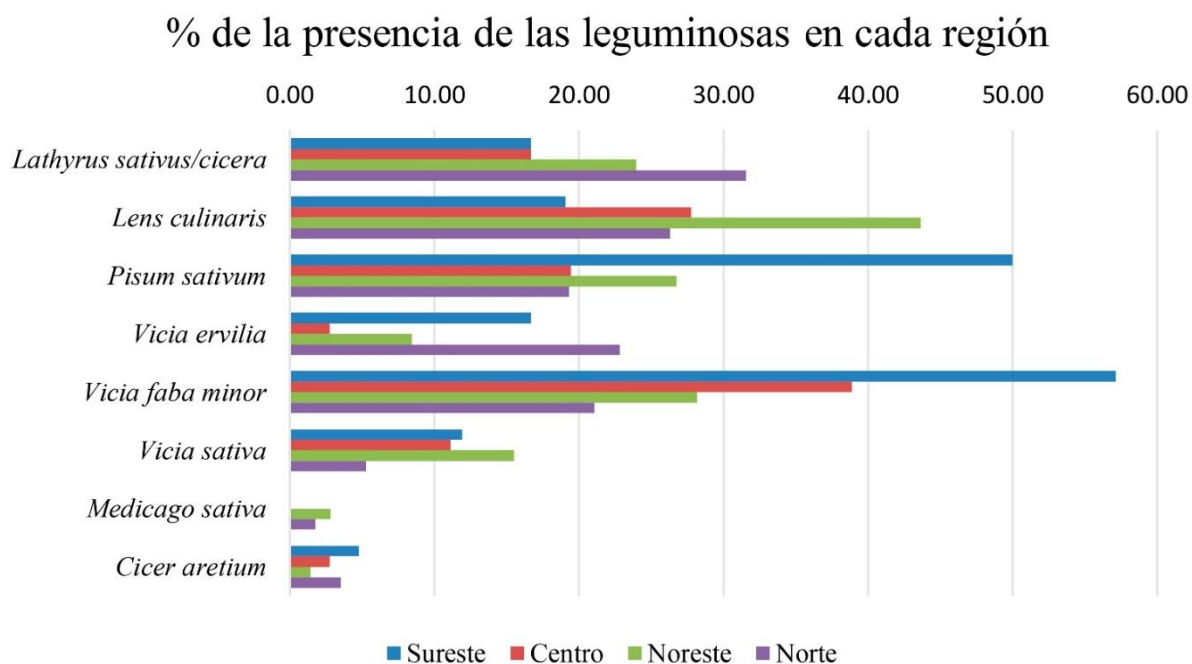


Figura 2.11: Presencia de cada taxón de leguminosa por cronología. Total de menciones en cada fase:
Sureste: 42. Centro: 36. Noreste: 71. Norte 57

En los cereales, algunas especies se mantienen más o menos constantes en las 4 áreas establecidas, mientras que otras tienen presencias muy desiguales según esta variable. La cebada vestida es el taxón más frecuente en todo el marco geográfico, aunque en el Sureste se encuentra empatada con el trigo desnudo, ambas con un 88,10% de presencia. Este taxón es el segundo más presente en las 4 regiones, con un rango comprendido entre el 88,10% en la región andaluza hasta un 73,68% en el Languedoc. En esta última área el trigo farro se encuentra muy cerca del desnudo, con un 70,18%, siendo su valor regional más alto. Esta especie tiene desiguales menciones, ya que en las regiones de norte aparece en una gran parte de los yacimientos (63,38% en el Noreste), sin embargo, en las dos regiones al sur del Ebro su presencia disminuye al 40%-30%. El mijo tiene diferentes números de menciones entre las regiones del sur y del norte del Ebro. En las primeras su presencia es menor, con un 14,29% en el sur y un 27,78% en el área central. En

Languedoc su presencia asciende al 36,84% y en Cataluña al 43,66%. El siguiente cereal con mayor número de menciones es el panizo, con una presencia desigual entre las regiones, en Andalucía no hay evidencias de su presencia, mientras que en Valencia es del 16,67%; aumentando al 19,30% en Languedoc y finalmente al 35,21% en Cataluña. La cebada desnuda, tiene una alta presencia en Andalucía, con un 59,52%, sin embargo, en el resto de regiones sus menciones son menores, reduciéndose a un 25% en el área valenciana, a un 21,05% en Languedoc y finalmente a un 11,27% en Cataluña. El último cereal con una presencia relativamente alta es el trigo vestido compacto, con una alta presencia en el sur y en el Noreste (38,1 y 22,54%) sin embargo en las otras dos regiones prácticamente no aparece, reduciéndose en torno a un 5% en ambas áreas. El resto de

cereales (espelta, avena y centeno) prácticamente no aparecen en el marco geográfico estudiado (tabla 2.4).

Por último, hay que hacer referencias a las especies de frutales y oleaginosas, sin embargo, todas ellas aparecen de forma autóctona en este marco geográfico, por lo que dependiendo de la cronología pueden tratarse de especies silvestres o cultivadas, siendo en algunos casos difícil establecer este punto. El taxón más presente de este tipo es la uva, la cual aparece en el 47,57% de las observaciones, su distribución regional es bastante pareja, con un rango comprendido entre el 40,48% en el Sureste y un 52,78 en la región central. El siguiente taxón hace referencia a las bellotas, no pudiéndose determinar en muchos casos a que especie del género *Quercus* pertenecen estos restos, este género ha sido recolectado tanto por sus frutos como por su madera, pero no son especies cultivadas en ninguna región ni periodo cronológico. Su mayor presencia se encuentra en Valencia, con un 47,22%, seguido de Andalucía (33,3%), Languedoc (28,07%) y Cataluña (22,54%). Los higos son el siguiente taxón con más menciones dentro de este grupo, con una mayor presencia en Valencia, con un 33,3%, seguida por Cataluña con un 25,35%, Andalucía con un 21,43% y Languedoc con un 14,04%. Las olivas aparecen con cierta frecuencia; hay que tener en cuenta que como en el caso de la uva y los higos, su domesticación en el área estudiada se produce durante el marco cronológico establecido. Su presencia varía entre las regiones del norte y del sur del Ebro, siendo más frecuentes en estas últimas, con un 33,3% en el Sureste y un 22,22% en el área central. En el Noreste su presencia es del 9,86% y en el norte del 7,02. El lino tiene una frecuencia bastante alta en el sur, con un 35,71%, mientras que en el centro y Noreste es entorno al 11% y en el norte del 7%. Los frutos del lentisco tienen una presencia del 36,1% en Valencia, mientras que en Andalucía y Cataluña se sitúa entre el 11,9 y 9,9 % y en Languedoc en el 3,5%. La última especie con una presencia global superior al 10% es la zarzamora, con una presencia bastante homogénea, comprendida entre el 12,68% de Cataluña al 8,77% de Languedoc.

Región	Sureste %	Centro %	Noreste %	Norte %
Leguminosas				
<i>Fabaceae</i>	21.43	27.78	16.90	19.30
<i>Lathyrus sativus/cicera</i>	16.67	16.67	23.94	31.58
<i>Lens culinaris</i>	19.05	27.78	43.66	26.32
<i>Pisum sativum</i>	50.00	19.44	26.76	19.30
<i>Vicia ervilia</i>	16.67	2.78	8.45	22.81
<i>Vicia faba minor</i>	57.14	38.89	28.17	21.05
<i>Vicia sativa</i>	11.90	11.11	15.49	5.26
<i>Medicago sativa</i>	0.00	0.00	2.82	1.75
<i>Cicer arietinum</i>	4.76	2.78	1.41	3.51
Cereales				
<i>Hordeum vulgare vulgare</i>	88.10	88.89	92.96	94.74
<i>Hordeum vulgare nudum</i>	59.52	25.00	11.27	21.05
<i>Triticum aestivum/durum</i>	88.10	77.78	85.92	73.68
<i>Triticum a/d compactum</i>	38.10	5.56	22.54	5.26
<i>Triticum dicoccum</i>	40.48	33.33	63.38	70.18
<i>Triticum monococcum</i>	30.95	30.56	14.08	36.84
<i>Panicum miliaceum</i>	14.29	27.78	43.66	36.84
<i>Setaria Italica</i>	0.00	16.67	35.21	19.30
Frutales				
<i>Ficus carica</i>	21.43	33.33	25.35	14.04
<i>Olea europaea</i>	33.33	22.22	9.86	7.02
<i>Pistacia lentiscus</i>	11.90	36.11	9.86	3.51
<i>Quercus sp.</i>	33.33	47.22	22.54	28.07
<i>Rubus fruticosus</i>	11.90	11.11	12.68	8.77
<i>Vitis vinifera</i>	40.48	52.78	47.89	49.12
Otros				
<i>Linum usitatissimum</i>	35.71	11.11	11.27	7.02
<i>Papaver somniferum</i>	9.52	2.78	0.00	8.77
Nº fases de yacimiento	42	36	71	57
% fases de yacimientos	20.39	17.48	34.47	27.67

Tabla 2.4: Presencia de cada taxón en cada región sobre el total de fases de yacimientos documentadas en cada una de ellas

2.6.1.3 Cronología

Entre las leguminosas se aprecia como las habas y los guisantes tienen un comportamiento similar. En el primer periodo tienen una alta presencia (52,6% y 35,1% respectivamente), reduciéndose drásticamente en el segundo (16,2 y 13,51%) y aumentando progresivamente en el tercero (19,61 y 23,53%) y el cuarto periodo (39,34 y 34,43%). Las lentejas y las almortas también cambian sus presencias de forma pareja, teniendo muy poca presencia en las dos primeras fases cronológicas, aumentando en la tercera (39,22 y

19,61%) y la cuarta (52,46 y 45,9%). Los yeros y las vezas también cambian de forma algo pareja, aunque menos homogéneamente que los casos anteriores, teniendo una presencia en la primera fase del 10,5 y 5,26% respectivamente; valores que continúan bajos en la segunda (5,41 y 5,41%) y en la tercera (3,92 y 9,8%) pero que aumentan considerablemente en el periodo más moderno (27,87 y 21,31%). Los garbanzos están ausentes en los dos primeros periodos, apareciendo en el tercero y cuarto, con una presencia muy baja, pero algo más alta en la fase más moderna (3,92 y 6,56%). La alfalfa solo aparece en la primera y última fase con una presencia mínima. Las leguminosas cultivadas parecen tener una tendencia bastante marcada a lo largo del marco cronológico establecido, pasando de un primer periodo con una dominancia de guisantes y habas con el resto de leguminosas cultivadas con presencias bajas a un segundo periodo en el cual la presencia de estas dos especies se reduce drásticamente mientras que el resto de leguminosas cultivadas continúan con una presencia muy baja; pasando al tercer periodo en el que todos los taxones aumentan su presencia moderadamente y a la fase más moderna, donde la presencia de los taxones de leguminosas cultivadas aumentan considerablemente (fig. 2.11).

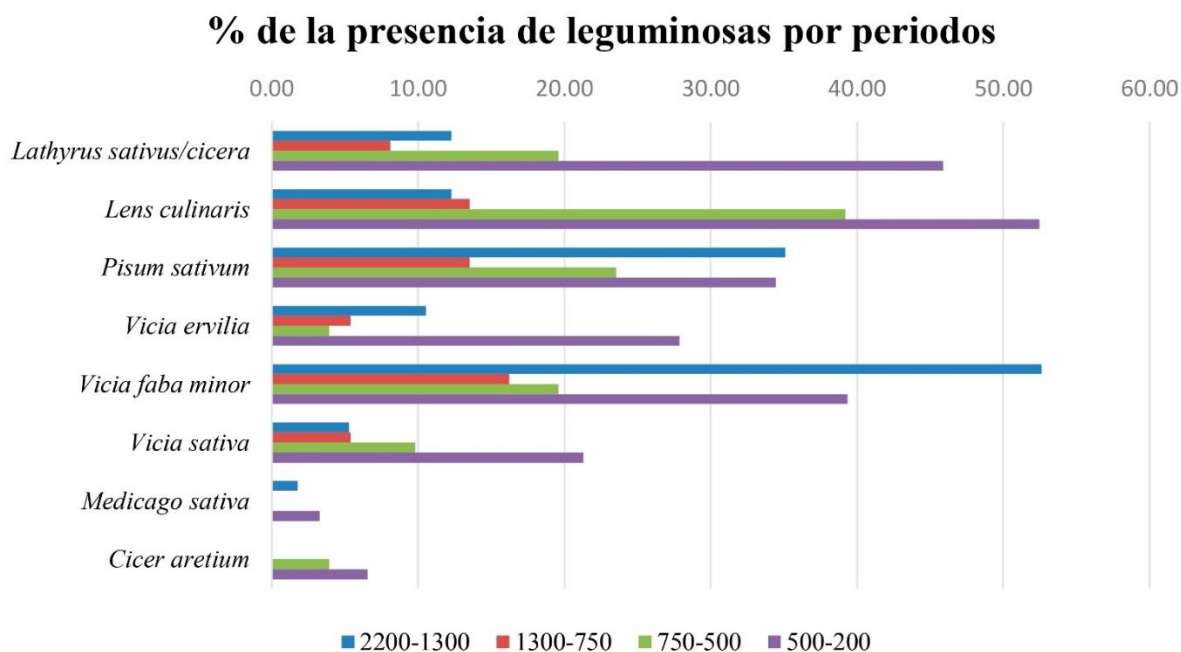


Figura 2.12: Presencia de cada taxón de leguminosa por región. Total de menciones en cada fases: 2200-1300: 57. 1300-750: 36. 750-500: 49. 500-200: 61

Por cronología la cebada vestida es el taxón más frecuente de los 4 periodos cronológicos. En las tres fases más modernas su presencia se sitúa entre el 93,5 y el 98%, mientras que en el periodo más antiguo es algo menor, de un 82,4%. El trigo desnudo se comporta inversamente a la cebada vestida, teniendo menor presencia en las tres fases más antiguas

(en torno al 78%) pero aumenta al 88% en el periodo más moderno. A continuación, se encuentra el trigo farro, con una presencia menor en el primer periodo (36,8%) aunque aumenta considerablemente en las siguientes fases, con una presencia comprendida entre en 58,8 y el 67,6%. El mijo tiene una presencia muy baja en el primer periodo (7%) pero aumenta progresivamente en los periodos posteriores, pasando de un 32,4% en el segundo periodo hasta llegar a un 49,2% en el más moderno. El panizo tiene muy pocas menciones en la primera fase, con un 3,51%, aumentando a un 21,6% en el segundo, teniendo los dos últimos periodos una presencia similar en torno al 28-29%. La escaña menor tiene una presencia más o menos similar (20-25%) en todas las fases salvo en la segunda, donde su presencia es más alta, alcanzando un 43,24%. La cebada desnuda tiene una bastantes menciones en la primera fase (50,9%) reduciéndose en el segundo periodo (24,32%) y continúa reduciéndose en el tercero (13,73%) mientras que el más moderno es muy similar al anterior (14,75%). Por último, el trigo desnudo compacto tiene una alta presencia en el primer periodo (29,8%) y en el último (19,67%) mientras que en el segundo (5,41%) y el tercero (11,76%) su presencia es menor (tabla 2.5).

Entre el resto de taxones, la uva tiene una tendencia a aumentar su presencia paulatinamente con el paso del tiempo, con un 24,6% en la fase cronológica más antigua aumentando a 27,03%, a 51% y finalmente a un 78,7% en el periodo más moderno. Los restos de higo tienen una presencia estable en torno al 12-15% en las tres primeras fases, disparándose al 44,26% en la cuarta. El aumento de las menciones de estas dos especies a partir del tercer periodo cronológico va de la mano con su posible domesticación. Los restos de olivas tienen una presencia de un 17,5% en el primer periodo, reduciéndose a un 2,7% en el segundo y teniendo un valor del 7,84% en el tercero; sin embargo, en el cuarto periodo aumenta considerablemente alcanzando una presencia del 29,51%. Como especie cultivada, el lino tiene su mayor presencia en el primer periodo, con un 28%, reduciéndose a un 8,1 y aun 5,8% en el segundo y tercero, pero aumentando a un 14,75% en el cuarto.

Entre las especies recolectadas, los restos de bellotas son los más mencionados, con una tendencia inversa a la uva, reduciéndose su presencia de un 40,35% en el primer periodo hasta alcanzar un 21,31% en el cuarto periodo. Los frutos del lentisco se mantienen más o menos estables a lo largo del tiempo, con valores entre el 15,5 y el 16,2%. Por último, la zarzamora tiene una presencia más o menos estable en los tres primeros periodos, con un rango entre el 7,8 y el 10,8%, pero en la cuarta fase aumenta hasta un 16,4%.

Aunque entre estos datos existen estudios con solo menciones y sin un muestreo aplicado para recuperar estos restos, permite hacernos una primera idea de las principales especies cultivadas en el marco geo-cronológico y comparar como es su presencia a nivel geográfico y cronológico.

Cronología	2200-1300 %	1300-750 %	750-500 %	500-200 %
Leguminosas				
<i>Fabaceae</i>	19.30	13.51	13.73	31.15
<i>Lathyrus sativus/cicera</i>	12.28	8.11	19.61	45.90
<i>Lens culinaris</i>	12.28	13.51	39.22	52.46
<i>Pisum sativum</i>	35.09	13.51	23.53	34.43
<i>Vicia ervilia</i>	10.53	5.41	3.92	27.87
<i>Vicia faba minor</i>	52.63	16.22	19.61	39.34
<i>Vicia sativa</i>	5.26	5.41	9.80	21.31
<i>Medicago sativa</i>	1.75	0.00	0.00	3.28
<i>Cicer aretium</i>	0.00	0.00	3.92	6.56
Cereales				
<i>Hordeum vulgare vulgare</i>	82.46	94.59	98.04	93.44
<i>Hordeum vulgare nudum</i>	50.88	24.32	13.73	14.75
<i>Triticum aestivum/durum</i>	78.95	78.38	78.43	88.52
<i>Triticum a/d compactum</i>	29.82	5.41	11.76	19.67
<i>Triticum dicocum</i>	36.84	67.57	58.82	62.30
<i>Triticum monoccocum</i>	26.32	43.24	23.53	19.67
<i>Panicum miliaceum</i>	7.02	32.43	43.14	49.18
<i>Setaria Italica</i>	3.51	21.62	29.41	27.87
Frutales				
<i>Ficus carica</i>	12.28	13.51	15.69	44.26
<i>Olea europaea</i>	17.54	2.70	7.84	29.51
<i>Pistacia lentiscus</i>	10.53	16.22	13.73	13.11
<i>Quercus sp.</i>	40.35	32.43	29.41	21.31
<i>Rubus fruticosus</i>	8.77	10.81	7.84	16.39
<i>Vitis vinifera</i>	24.56	27.03	50.98	78.69
Otas				
<i>Linum usitatissimum</i>	28.07	8.11	5.88	14.75
<i>Papaver somniferum</i>	5.26	13.51	0.00	3.28
Nº menciones por periodo	57	36	49	61
% fases de yacimientos en cada periodo sobre el total	27.67	17.96	24.76	29.61

Tabla 2.5: Presencia de cada taxón en cada fase cronológica sobre el total de fases de yacimientos documentadas en cada una de ellas

2.6.2 Análisis en yacimientos con leguminosas

Como se ha señalado anteriormente, el análisis en profundidad sobre los yacimientos se ha realizado teniendo en cuenta solo los yacimientos con restos de leguminosas, eliminando también los datos procedentes de publicaciones sin metodología y con una fiabilidad baja. Sin embargo, antes de eliminar los datos señalados, se ha observado el volumen total del número mínimo de individuos y de la ubicuidad para obtener una

perspectiva de cómo evolucionan el resto de taxones que no pertenecen a las leguminosas cultivadas.

2.6.2.1 Análisis de NMI y ubicuidades brutas por taxón y yacimiento en el marco geo-cronológico general (2200-1300 a.C.)

En total se han recopilado datos de 206 fases cronológicas procedentes de 179 yacimientos. El número total de muestras que se encuentran en estos yacimientos asciende a 2969, mientras que el número total de individuos cultivados y/o recolectados es de 1.634.384.

La gran mayoría de estos individuos pertenecen a taxones de cereales cultivados, con 1.459.041. Seguidos por las leguminosas a una gran distancia, con 110.737 individuos. En tercer lugar, están los frutales, tanto silvestres como cultivados, con 61.160 individuos y finalmente otras especies cultivadas con 3.447 individuos (tabla 2.6).

El taxón más numeroso es el del trigo desnudo, con 663.985 individuos, seguido por la cebada vestida con 474.017 y el trigo farro con 151.506 individuos. El cuarto taxón más numeroso, pero a una gran distancia de los anteriores, es la lenteja, con 68.609 individuos. A continuación, se encuentran el mijo y el panizo con un número similar entre ellos (53.159 y 59.717 individuos respectivamente). El frutal más numeroso es la uva, con 35.299 individuos, seguido de la espelta con 31.657 y el higo con 19.177. La segunda leguminosa cultivada más abundante es la almorta, con 17.920, seguido por la cebada desnuda con 15.920 individuos. La siguiente leguminosa es el guisante, con 10.009 individuos, seguida de las habas, con 7.740 y la escaña menor con 7.033. A cierta distancia se encuentran los yeros con 3.852, seguidos por los restos de bellotas (2.753) y de oliva (2.335). Por último, aparecen las vezas con 1.160 individuos y los fragmentos de rizoma de esparto (1637) como los últimos taxones con más de 1.000 individuos.

Sin embargo, si se observan las menciones de cada taxón el orden se modifica ligeramente, siendo la cebada vestida la más identificada, en 1.812 muestras, seguida del trigo desnudo presente en 1.350 muestras y ya a cierta distancia se encuentra la uva en 774. En cuarta posición está el trigo farro con 622, seguido por el mijo (322) el higo (310) y las lentejas (279) siendo de nuevo la primera leguminosa. Muy cerca de esta última se encuentra el panizo (278) y las almortas (273). A continuación, se encuentra la cebada desnuda con 236, las habas, con 215 y los guisantes con 197. El siguiente taxón por presencia en las muestras de los yacimientos del marco geo-cronológico son los restos de bellotas, con 177, seguidos de la escaña menor (148) y el trigo desnudo compacto (112) siendo este taxón el último presente en más de cien muestras. Las leguminosas que restan tienen poca presencia, con 75 en el caso de los yeros, 46 en las vezas, 9 en los garbanzos y 6 en la alfalfa (fig. 2.13).

Taxón	NMI	Ubi.
Leguminosas		
<i>Fabaceae</i>	1421	163
<i>Lathyrus sativus/cicera</i>	17920	273
<i>Lens culinaris</i>	68609	279
<i>Pisum sativum</i>	10009	197
<i>Vicia ervilia</i>	3852	75
<i>Vicia faba minor</i>	7740	215
<i>Vicia sativa</i>	1160	46
<i>Medicago sativa</i>	7	6
<i>Cicer arietinum</i>	21	9
Total Leguminosas	110737	
Cereales		
<i>Hordeum vulgare vulgare</i>	474017	1812
<i>Hordeum vulgare nudum</i>	15920	236
<i>Triticum aestivum/durum</i>	663985	1350
<i>Triticum a/d compactum</i>	1832	112
<i>Triticum dicoccum</i>	151506	622
<i>Triticum monococcum</i>	7033	148
<i>Panicum miliaceum</i>	53159	332
<i>Setaria Italica</i>	59717	278
Total Cereales	1459041	
Frutales		
<i>Ficus carica</i>	19177	310
<i>Olea europaea</i>	2335	84
<i>Pistacia lentiscus</i>	621	82
<i>Quercus sp.</i>	2753	177
<i>Rubus fruticosus</i>	216	46
<i>Vitis vinifera</i>	35299	774
Total Frutales	61160	
Otras		
<i>Linum usitatissimum</i>	746	77
<i>Papaver somniferum</i>	133	18
Total Otras	3447	
Totales	1634384	2969

Tabla 2.6: Número total de individuos de cada taxón y su ubicuidad en el total de muestras estudiadas en el marco geocronológico

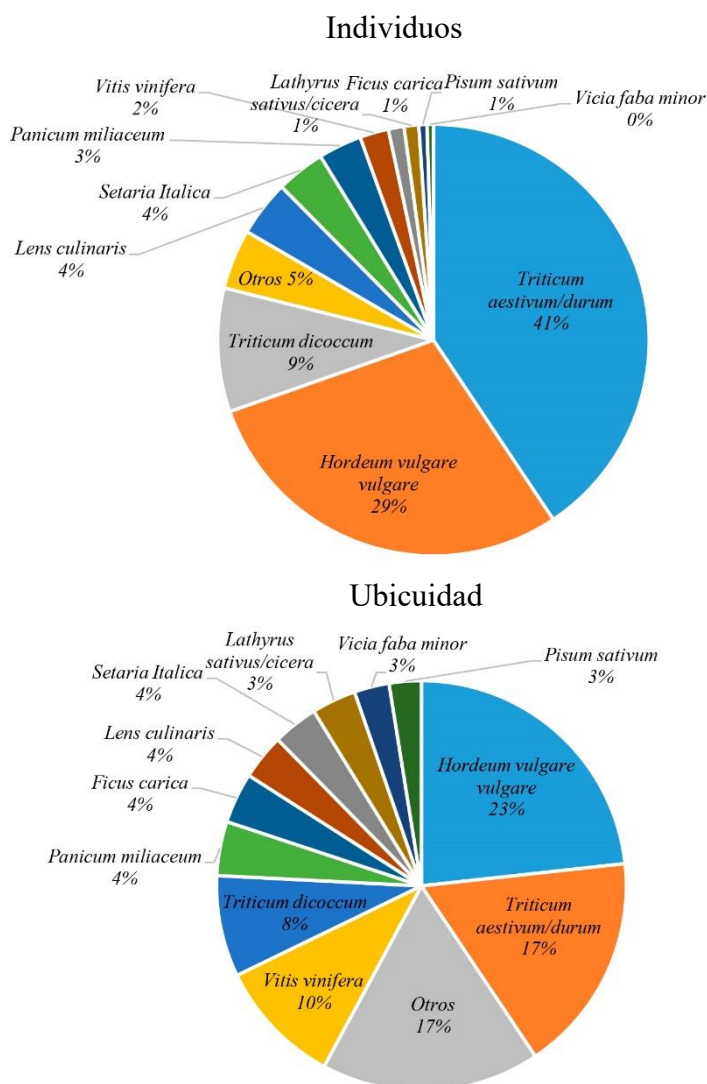


Figura 2.13: Gráfico superior: Individuos de los principales taxones sobre el total. Gráfico inferior: Taxones con más número de presencias sobre el total de presencias de todos los taxones

Existen claras diferencias entre los resultados del número mínimo de individuos y de la ubicuidad, ya que el orden en el que se han situado a cambiado en algunos casos, deshaciendo las diferencias que se crean por valores atípicos, como es el caso de las lentejas, ya que, de sus 68.609 individuos, 40.115 proceden de la UE 1054 de Font de la Canya y 23.208 de la UE 1055 del mismo yacimiento. Con la ubicuidad se aprecia cómo los valores de este taxón están más próximos a otras leguminosas como las almortas. Para corregir estas diferencias se decidió aplicar el índice de abundancia relativa en los próximos análisis.

2.6.2.2 Análisis de frecuencia relativa, ubicuidad e índice de abundancia relativa en los yacimientos del Mediterráneo Occidental con leguminosas del II y I mil. a.C.

Hasta el momento se ha analizado tanto la presencia o la ausencia de los diferentes taxones en todo el Mediterráneo Occidental durante el II y el I milenio como los valores generales de todos los taxones en estos yacimientos, independientemente de la fiabilidad del estudio o el tipo de publicación.

Una vez analizadas la presencia/ausencia de la totalidad de los taxones identificados en el marco geo-cronológico y los datos generales en bruto; los análisis posteriores se han centrado en las leguminosas cultivadas. Por este motivo se han eliminado los yacimientos en los que no se han identificado a esta familia, así como aquellos con deficiencias metodológicas.

En total de las 206 fases arqueológicas de 179 yacimientos se ha pasado a 122 fases procedentes de 110 sitios arqueológicos. Aunque este descenso parece pronunciado si observamos el número mínimo de individuos final y las muestras totales que suman estas observaciones el cambio no ha sido tan marcado, pasando de 1.634.384 a 1.577.178 en el primer caso y de 2969 a 2624. Esta diferencia entre el número de yacimientos con estos dos últimos valores se debe a que la mayoría de los datos eliminados hace referencia a estudios sin un muestreo específico o a yacimientos con pocas muestras estudiadas, con algunas excepciones.

Por regiones el descenso del número de fases de yacimientos u observaciones en este tipo de análisis se refleja de la siguiente forma: En el Sureste se reduce de 42 a 24, en el centro de 36 a 24, en el Noreste de 71 a 44 y en el norte de 57 a 30, en esta última región desaparecen los yacimientos del primer periodo, ya que en los que se han podido consultar las publicaciones directamente no tienen leguminosas, mientras que en el resto parece cumplirse la misma dinámica según muestran publicaciones que hablan de estos de forma indirecta (Bouby et al., 2017). Cronológicamente el primer periodo (2200-1700 a.C.) pasa de 57 a 27, el segundo (1300-750 a.C.) de 37 a 15, el tercero (750-500 a.C.) de 51 a 33 y el cuarto (500-200 a.C.) de 61 a 47 (fig. 2.14).

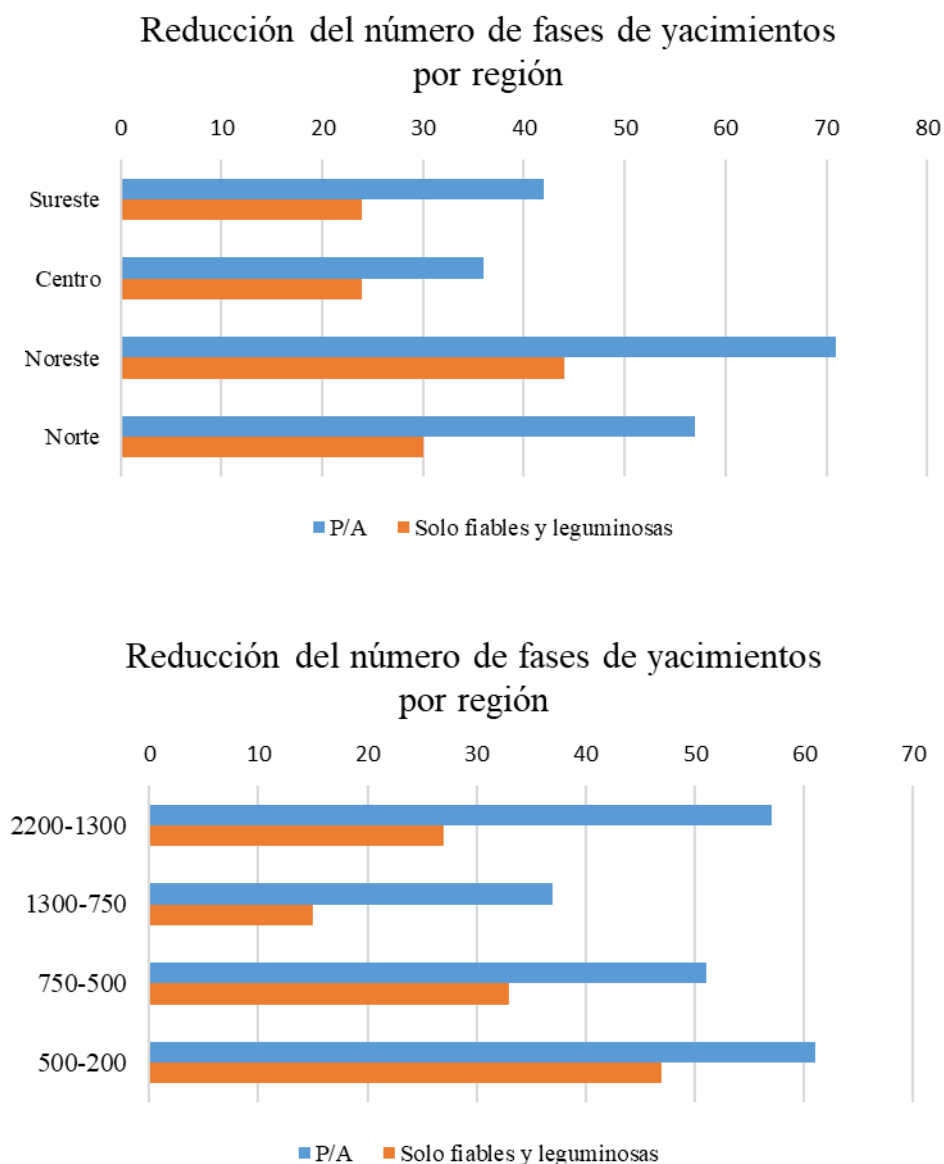


Figura 2.14: Gráficos con el descenso de fases de yacimiento en cada región y fase cronológica entre el análisis de P/A y el resto de análisis por yacimientos

El número de observaciones está bastante repartido entre las 4 áreas, salvo por una mayor presencia de yacimientos situados en el Noreste. Mientras que cronológicamente el primer y tercer periodo tienen una distribución similar, sin embargo, el segundo tiene un gran descenso al perder más de la mitad de sus observaciones mientras que el cuarto destaca sobre el resto al tener más observaciones que el resto. Este descenso del tercer periodo no se debe al tipo de publicación o el nivel de fiabilidad, ya que por estos motivos solo se eliminaron 3 observaciones, por lo que el principal motivo de este descenso es la falta de evidencias de leguminosas cultivadas en esta cronología. Este hecho se observaba

en el análisis de presencia/ausencia, ya que era el periodo con menor presencia de leguminosas con bastante diferencia sobre las otras fases cronológicas.

De las 122 fases de yacimientos con leguminosas 69 corresponden a poblados, 34 a asentamientos rurales/agrícolas, 9 a núcleos de actividades económicas específicas, 5 a aldeas dispersas, 3 a pequeñas fortificaciones, y 1 a otros. En este caso no se producen cambios significativos en los tipos de yacimientos donde se encuentran los taxones de leguminosas cultivadas, manteniéndose más o menos la proporción anterior.

2.6.2.3 Índice de Abundancia Relativa (IAR)

Como la eliminación de los datos mencionados no ha producido prácticamente cambios respecto al análisis general de los totales de individuos por taxón y ubicuidad, no hemos vuelto a realizar esas comparaciones. Por otro lado, como se observó que algunos taxones tenían valores bastante diferentes entre sus números de individuos y su ubicuidad, hemos establecido en qué posición se sitúa cada taxón según estos criterios y en qué posición final se queda si se combinan ambos datos a través del índice de abundancia relativa.

Taxones	Frecuencia Reelativa	Posición	Ubicuidad	Posición	IRA	Posición
Leguminosas						
<i>Fabaceae</i>	0.09	19	6.22	13	6.31	13
<i>Lathyrus sativus/cicera</i>	1.14	10	10.45	8	11.59	9
<i>Lens culinaris</i>	4.35	4	10.56	7	14.91	6
<i>Pisum sativum</i>	0.63	12	7.34	12	7.97	12
<i>Vicia ervilia</i>	0.24	15	2.84	19	3.09	18
<i>Vicia faba minor</i>	0.49	13	7.72	10	8.21	11
<i>Vicia sativa</i>	0.07	21	1.69	22	1.76	23
<i>Medicago sativa</i>	0.00	41	0.19	38	0.19	38
<i>Cicer arietinum</i>	0.00	38	0.27	34	0.27	35
Cereales						
<i>Hordeum vulgare</i>	27.94	2	62.54	1	90.49	1
<i>Hordeum vulgare</i>	0.95	11	7.53	11	8.48	10
<i>Triticum</i>	41.26	1	45.91	2	87.16	2
<i>Triticum a/d</i>	0.11	17	3.65	16	3.76	16
<i>Triticum dicoccum</i>	9.35	3	21.90	4	31.24	3
<i>Triticum monoccocum</i>	0.44	14	5.07	14	5.51	14
<i>Panicum miliaceum</i>	3.36	6	12.06	5	15.42	5
<i>Setaria Italica</i>	3.74	5	10.18	9	13.92	7
Frutales						
<i>Ficus carica</i>	1.21	9	11.22	6	12.43	8
<i>Olea europaea</i>	0.15	16	2.96	17	3.11	17
<i>Pistacia lentiscus</i>	0.03	24	2.88	18	2.91	19
<i>Quercus sp.</i>	0.11	18	5.07	15	5.18	15
<i>Rubus fruticosus</i>	0.01	26	1.65	23	1.67	24
<i>Vitis vinifera</i>	2.07	7	28.01	3	30.08	4
Otros						
<i>Linum usitatissimum</i>	0.04	23	2.61	20	2.65	20
<i>Papaver somniferum</i>	0.01	30	0.61	27	0.62	28

Tabla 2.7: Valores de frecuencia relativa, ubicuidad y abundancia relativa. Se ha añadido la posición que ocupan en cada variable en orden descendente. El IAR permite equilibrar los dos valores anteriores

Los taxones que presentan grandes diferencias, como la espelta, presente solo en 6 muestras, pero con un gran número de restos, pasa de ser el octavo más numeroso al 21, ya que al tener tan poca ubicuidad (un 0,23%) estaba situada como el 38º taxón más frecuente de 43. Con el índice de abundancia relativa, su posición se sitúa en un 21 puesto, lugar que creemos más adecuado ya que, aunque sea muy poco común aparece una gran cantidad de individuos. Un caso similar, pero a la inversa (con no muchos individuos, pero con una alta ubicuidad) es el de la uva, obteniendo a través del índice de abundancia relativa un 4º puesto (tabla 2.7).

En el caso de las leguminosas, las lentejas, las cuales tienen una alta frecuencia relativa debido a dos concentraciones en Font de la Canya (López et al., 2015), pasan de una 4 posición a una 6, estando más acorde con su importancia real y más cerca de otras leguminosas como las almortas (novenas), las habas (11ª) o los guisantes (12º).

Con estos datos creemos que para realizar las comparaciones dentro de cada región es más útil utilizar el índice de abundancia relativa al obtenerse datos que mejoran las desvirtuaciones estadísticas que pueden generar los valores atípicos.

2.6.2.3.1 Regiones

El índice de abundancia relativa nos muestra diferencias regionales. El trigo desnudo es el taxón más común en las regiones al sur del Ebro, mientras que la cebada vestida lo es en las regiones del norte. El mijo y el panizo tienen una mayor importancia en las dos regiones del norte, mientras que en las otras dos sus índices son bajos, caso parecido al trigo farro. La cebada desnuda tiene un índice muy alto en el Sureste (47,87) pero es menor a 10 en el resto de regiones. La uva tiene un índice de abundancia relativa alto, sin embargo, en el Sureste y el Noreste su valor es menor (17,66 y 19,24 respectivamente) que en el centro y el norte (33,2 y 51,24 respectivamente) (tabla 2.8).

Región	Sureste	Centro	Noreste	Norte
Taxón	IAR	IAR	IAR	IAR
<i>Hordeum vulgare vulgare</i>	68.20	68.94	75.61	132.96
<i>Hordeum vulgare nudum</i>	47.87	6.02	2.36	1.24
<i>Triticum aestivum/durum</i>	99.65	112.07	62.43	69.52
<i>Triticum a/d compactum</i>	16.30	0.58	2.20	1.71
<i>Triticum dicoccum</i>	13.81	7.84	44.96	50.15
<i>Triticum monoccocum</i>	10.53	3.58	2.85	8.10
<i>Panicum miliaceum</i>	3.59	7.14	14.75	28.38
<i>Setaria Italica</i>	0.00	3.02	32.07	12.70
<i>Fabaceae</i>	4.39	4.44	2.08	15.64
<i>Lathyrus sativus/cicera</i>	2.33	5.41	9.96	23.73
<i>Lens culinaris</i>	2.06	2.90	31.16	20.10
<i>Pisum sativum</i>	13.61	2.71	5.85	12.05
<i>Vicia ervilia</i>	5.20	0.19	0.57	9.24
<i>Vicia faba minor</i>	21.20	4.73	4.19	11.29
<i>Vicia sativa</i>	1.75	3.53	1.79	0.47
<i>Medicago sativa</i>	0.00	0.00	0.28	0.46
<i>Cicer aretium</i>	1.03	0.19	0.00	0.31
<i>Ficus carica</i>	17.28	22.59	8.61	7.63
<i>Olea europaea</i>	5.66	4.41	0.76	4.01
<i>Pistacia lentiscus</i>	3.10	9.13	1.33	0.31
<i>Quercus sp.</i>	7.02	11.16	2.11	3.79
<i>Rubus fruticosus</i>	5.02	0.97	1.13	1.08
<i>Vitis vinifera</i>	17.66	33.21	19.24	51.24
<i>Linum usitatissimum</i>	9.91	9.43	0.76	2.47
<i>Papaver somniferum</i>	2.57	2.55	0.00	16.36

Tabla 2.8: Valores de la abundancia relativa de cada taxón por regiones

En las leguminosas también existen diferencias bastante marcadas. En el sureste los taxones con un mayor índice de abundancia relativa (IAR) son las habas (21,2) y los guisantes (13,61). En un tercer lugar, a bastante distancia están los yeros (5,20), sin embargo, esta especie tiene una alta frecuencia relativa al ser muy numeroso en el Cerro de la Cruz (A. M. Arnanz, 2000), pero no está presente en muchas muestras como indica su ubicuidad. Las almortas, lentejas y vezas tienen un IAR entre 2,3 y 1,75, mientras que en los garbanzos es de 1,03 y no se identificaron semillas de alfalfa. En la región central, el taxón más común es la almorta (5,41) seguido de las habas (4,73) y las vezas (3,53). En esta región ninguna leguminosa cultivada tiene el IAR elevado, siendo cultivos con frecuencias relativas y ubicuidades muy bajas, como las lentejas y los guisantes (2,9 y 2,7 respectivamente); y los yeros y garbanzos (0,19); finalmente no se identificaron evidencias de alfalfa. En el Noreste, un taxón destaca muy acentuadamente sobre el resto, la lenteja, cuyo IAR es de 31,16, teniendo una frecuencia relativa (19,69) y una ubicuidad (11,48) más elevadas que el resto. A pesar de que su alta frecuencia relativa se debe a dos concentraciones situadas en Font de la Canya, su ubicuidad también nos indica que es la leguminosa más representada en la región. En un segundo lugar se encuentran las almortas, con un IAR de 9,96, siendo superior al de las dos regiones anteriores. Ya con niveles inferiores se encuentran los guisantes (5,85) y las habas (4,19). Con índices de abundancia relativa muy bajos aparecen las vezas (1,79), los yeros (0,57) y la alfalfa (0,28) no apareciendo restos de garbanzo. El norte es la región donde las leguminosas cultivadas presentan IAR más elevados. El taxón con este índice más alto son las almortas (23,73) seguido de las lentejas (20,1). Con valores algo menores pero superiores a 10 se encuentran los guisantes (12,05) y las habas (11,29). Por último, cerca de estos valores aparecen los yeros (9,24). El resto de las leguminosas presentan un IAR por debajo de 1, como las vezas (0,47), la alfalfa (0,46) y los garbanzos (0,31) (fig. 2.15).

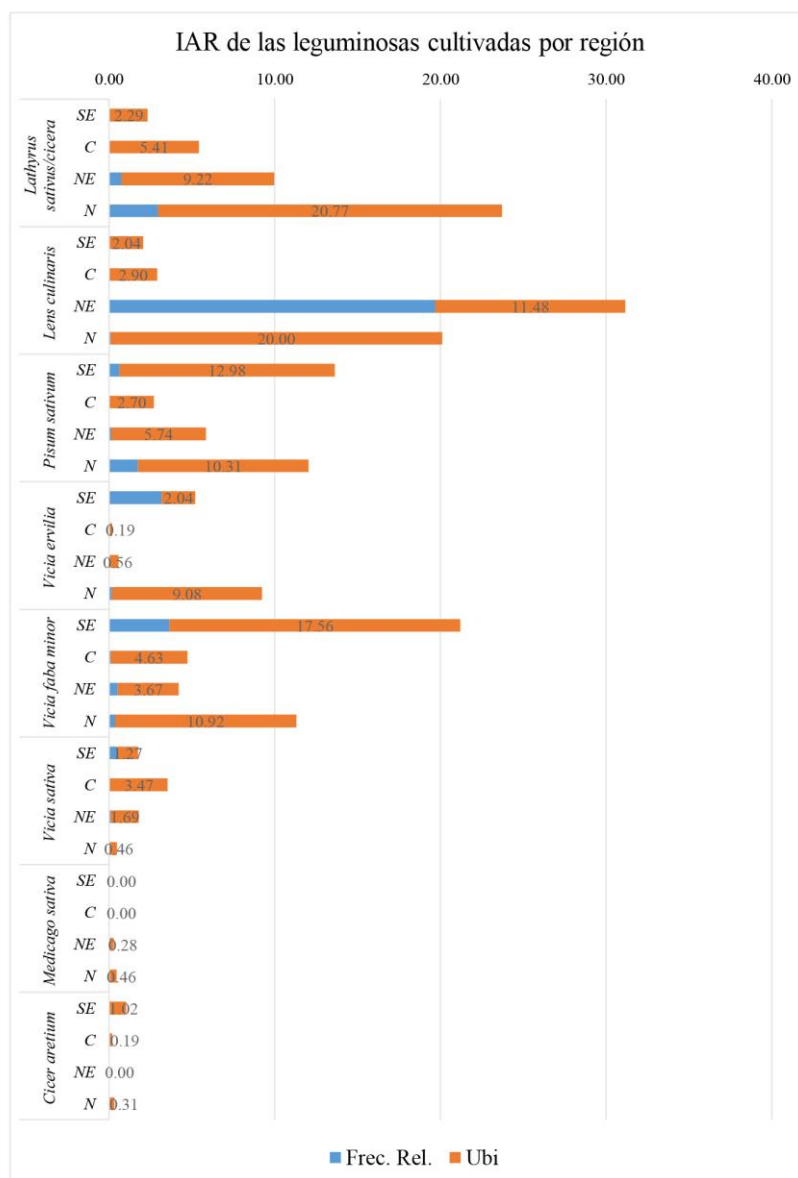


Figura 2.15: IAR de cada taxón de leguminosa cultivada en cada región

En general se aprecia como en las regiones del norte las almortas y lentejas tiene una alta importancia, mientras que en el centro y sur es bastante baja. Los guisantes y las habas tienen IAR considerablemente más altos en el Sureste y el norte, pero bajos en el centro y nor-este. Algo similar es el caso de los yeros, aunque su IAR es menor en las cuatro regiones respecto a los dos taxones anteriores. Las vezas tienen valores bastante marginales, pero un poco más altos en la región central. Por último, la alfalfa y el garbanzo son taxones marginales, el primero está presente en las regiones del norte, mientras el último aparece en todas las regiones salvo el nordeste^{1*}.

¹ * El garbanzo aparece en el yacimiento de la Cella, situado en Salou, Tarragona, en nuestra región Noreste. Sin embargo, se ha eliminado de estos análisis ya que la metodología e identificación utilizadas no tienen un alto índice de fiabilidad.

2.6.2.3.2 Cronología

Desde una perspectiva cronológica también se aprecian diferencias en los taxones a lo largo del tiempo. En el periodo más antiguo (2200-1300 a.C.) el trigo desnudo predomina sobre el resto con un IAR de 132,89, mientras que la cebada vestida es el segundo taxón con un 62,84. En el resto de periodos predomina esta última con valores entre 77,7 y 112,8. El trigo desnudo es el segundo taxón con un IAR más elevado en el periodo más moderno (74,9 frente al 112,8 de la cebada vestida); sin embargo en el segundo y tercer periodo este taxón desciende a la tercera posición (IAR de 45,42 y 47,59 respectivamente). El trigo farro tiene un IAR bajo (8,49) en el primer periodo, siendo el noveno taxón; sin embargo, en el segundo (1300-750 a.C.) y tercer periodo (750-500 a.C.) es el segundo taxón por IAR (59,9 y 51,9 respectivamente); y el cuarto en el periodo más moderno (29,01). La cebada desnuda, tiene un IAR elevado en el primer periodo (36,4) descendiendo al 6,94 en el segundo y no alcanzando el 2 en los periodos más recientes. Por último, el mijo y el panizo tienen un IAR marginal, inferior a 1 en el primer periodo, aumentando a 41,5 y 14 en el segundo, con valores intermedios en los periodos más modernos. Entre los frutales se aprecia como la uva va ascendiendo poco a poco en importancia a pasar de un IAR de 4,03 aumentado a 17,5; 20,7 y 44,6 a lo largo del eje cronológico. El higo tiene un IAR bajo en el primer periodo (2,9) pero se estabiliza entre un 12 y 17 en el resto de periodos (tabla 2.9).

Fase tesis	2200-1300	1300-750	750-500	500-200
Taxón	IAR	IAR	IAR	IAR
<i>Fabaceae</i>	5.23	7.78	3.96	7.23
<i>Lathyrus sativus/cicera</i>	2.01	3.09	7.35	17.40
<i>Lens culinaris</i>	0.80	4.62	35.26	13.27
<i>Pisum sativum</i>	9.95	15.01	4.65	7.30
<i>Vicia ervilia</i>	1.21	1.54	1.48	4.51
<i>Vicia faba minor</i>	15.37	8.73	4.97	6.73
<i>Vicia sativa</i>	0.60	1.58	1.21	2.42
<i>Medicago sativa</i>	0.20	0.00	0.00	0.33
<i>Cicer arietinum</i>	0.00	0.00	0.81	0.20
<i>Hordeum vulgare vulgare</i>	62.34	102.53	77.77	112.79
<i>Hordeum vulgare nudum</i>	36.40	6.94	1.64	1.26
<i>Triticum aestivum/durum</i>	132.89	45.42	47.59	74.94
<i>Triticum a/d compactum</i>	10.26	1.54	2.02	2.25
<i>Triticum dicoccum</i>	8.49	59.88	51.92	29.01
<i>Triticum monoccocum</i>	9.10	14.57	5.69	3.02
<i>Panicum miliaceum</i>	0.61	41.47	11.65	18.71
<i>Setaria Italica</i>	0.42	13.94	5.49	24.42
<i>Ficus carica</i>	2.92	17.17	12.70	15.34
<i>Olea europaea</i>	2.98	1.55	1.01	3.85
<i>Pistacia lentiscus</i>	4.23	10.02	3.44	1.76
<i>Quercus sp.</i>	13.65	9.45	4.06	2.07
<i>Rubus fruticosus</i>	1.61	10.10	1.21	1.05
<i>Vitis vinifera</i>	4.03	17.46	20.70	44.59
<i>Linum usitatissimum</i>	7.52	5.40	5.88	1.46
<i>Papaver somniferum</i>	0.81	7.76	0.00	0.13

Tabla 2.9: Valores de la abundancia relativa de cada taxón por cronología

Las leguminosas también presentan diferencias en sus IAR dependiendo del periodo cronológico. En la fase más antigua (2200-1300 a.C.), las habas tienen el IAR más elevado (14,66) seguidas de los guisantes (9,95). El resto de taxones tienen valores muy bajos, como las almortas (2,01) y los yeros (1,21), mientras que el resto tienen valores marginales inferiores a 1, salvo los garbanzos, taxón del cual no se identificaron restos. Durante el segundo periodo cronológico (1300-750) los roles de las habas y los guisantes se invierten, siendo estos últimos el taxón de leguminosa cultivada con un IAR mayor (15,01), seguido por las habas (8,46). Las lentejas y almortas aumentan ligeramente sus valores a 4,62 y 3,09 respectivamente. Con valores bajos, aunque con un cierto incremento respecto al periodo anterior, están las vezas (1,58) y los yeros (1,54). Finalmente, los taxones de los garbanzos y la alfalfa no fueron identificados en este periodo. Ya en el tercer periodo los taxones con el IAR más elevada cambian respecto al periodo anterior, encontrándose las lentejas (35,26) en un primer lugar y a bastante distancia las almortas (7,35). Las habas y los guisantes continúan con cierta importancia, pero con un IAR menores a los periodos más antiguos (4,97 y 4,65 respectivamente). Con índices similares al periodo anterior están los yeros (1,48) y las vezas (1,21); mientras que la alfalfa vuelve a no ser identificada. Un cambio con los casos anteriores es la aparición del garbanzo, aunque con un IAR muy bajo, 0,81. En el periodo más moderno (500-200 a.C.), los índices de abundancia relativa ascienden en todos los taxones respecto al periodo anterior. Las almortas y las lentejas se invierten los papeles siendo las primeras las que tienen un IAR mayor, de 14,63 frente al 13,12 de las segundas. Ya a cierta distancia vuelven a aparecer los guisantes y las habas (7,3 y 6,73 respectivamente) con IAR ligeramente superiores al periodo anterior pero lejos de los dos periodos más antiguos, en los cuales eran las principales leguminosas cultivadas. Los yeros aumentan su IAR respecto a los tres periodos anteriores, alcanzando un 4,5; algo similar a las vezas, aunque con un valor algo menor, 2,42. Ya con unos índices marginales aparece la alfalfa (0,33) y los garbanzos (0,20) (fig. 2.16).

Al observar los cambios de las leguminosas cultivadas en el eje cronológico se aprecia cómo existe una dominancia de las habas y los guisantes en la edad del Bronce y cómo esta situación cambia durante la edad del Hierro, pasando estos dos taxones a un papel secundario, aunque aún con importancia, siendo sustituidos por los taxones de las almortas y las lentejas. También se observa un ligero aumento de la importancia de los yeros y las vezas en la última fase cronológica, aunque siempre por debajo de los 4 taxones anteriores. La alfalfa aparece esporádicamente y de forma marginal no observándose cambios significativos. Es interesante el caso del garbanzo, especie que únicamente aparece en la edad del hierro, hecho que se analizará en la discusión.

Al analizar los datos entre regiones y cronologías existen algunas semejanzas, como el predominio de las habas y los guisantes en el sureste y el primer periodo cronológico. Como se analizó anteriormente, la mayoría de yacimientos de esta región están datados en ese periodo cronológico. La mayor presencia de almortas y lentejas en la edad del hierro y en las regiones del norte, también podría estar afectada por un fenómeno similar, ya que la mayoría de los yacimientos de este periodo se encuentran en estas regiones. Para comprobar estas relaciones se han desplegado los resultados de IAR de las

leguminosas cultivadas en cada región y periodo cronológico, observando los cambios cronológicos de estos taxones en cada región.

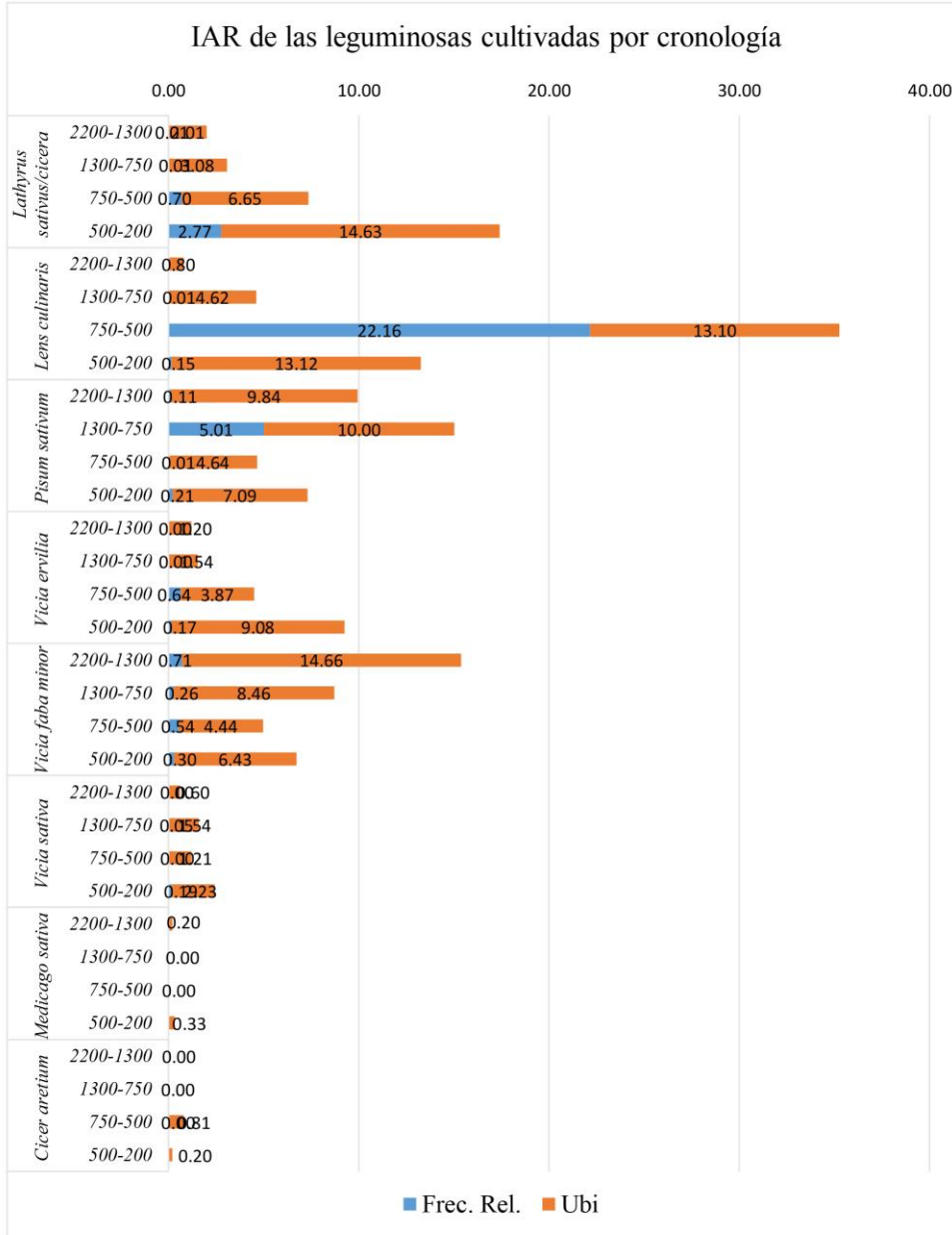


Figura 2.16: IAR de cada taxón de leguminosa cultivada en cada fase cronológica

2.6.1.3.3 Sureste

En el Sureste, 13 yacimientos se dataron en el primer periodo cronológico; 3 en el segundo; 5 en el tercero y 3 en el cuarto. En esta región abundan los estudios de macrorrestos de frutos y semillas datos durante el periodo argárico, teniendo poca información sobre el resto de periodos, por lo que la falta de leguminosas en estos periodos puede deberse más a una cuestión muestral.

En el primer periodo de esta región, los taxones dominantes son las habas, con un IAR de 26,6 y los guisantes, con 15,3, muy lejos del resto de taxones, como las almortas (3,12), los yeros (1,93) y las lentejas (0,77) y las vezas (0,39). Estos resultados son acordes tanto al periodo como a la región, pero precisamente al ser el mayoritario podrían estar interfiriendo el resultado global. En el segundo periodo las habas, los guisantes y las lentejas tienen prácticamente el mismo IAR, con 6,3, el resto de taxones no se han identificado en este periodo.

En el tercer periodo (750-500 a.C.), los guisantes son el taxón con el IAR más elevado (11,6), seguido por las lentejas (8,25) y las habas (6,33). Los garbanzos están bastante presentes en este periodo, alcanzando un IAR idéntico a las habas. Las vezas aumentan hasta un 3,67, mientras que las almortas únicamente alcanzan un 1,84 y la los yeros y la alfalfa no fueron identificados. En el cuarto periodo, los yeros destacan sobre el resto de leguminosas, obteniendo un IAR de 66,35, valor muy alto comparado con el resto de taxones de leguminosas en todos los ámbitos analizados, sin embargo, al desglosar el IAR, se aprecia cómo esto se debe a la frecuencia relativa, que al mismo tiempo tiene este valor debido a una concentración de yeros procedente del Cerro de la Cruz (A. M. Arnanz, 2000), que debido a los escasos yacimientos de la región en esta cronología (3) distorsionan este valor. Prácticamente igualadas están las vezas y las habas (13,86 y 13,76 respectivamente); seguidas de cerca por los guisantes (11,47) y, por último, aparecen los garbanzos, con un 2,29, quedándose las almortas, lentejas y alfalfa sin ningún resto (fig. 2.17).

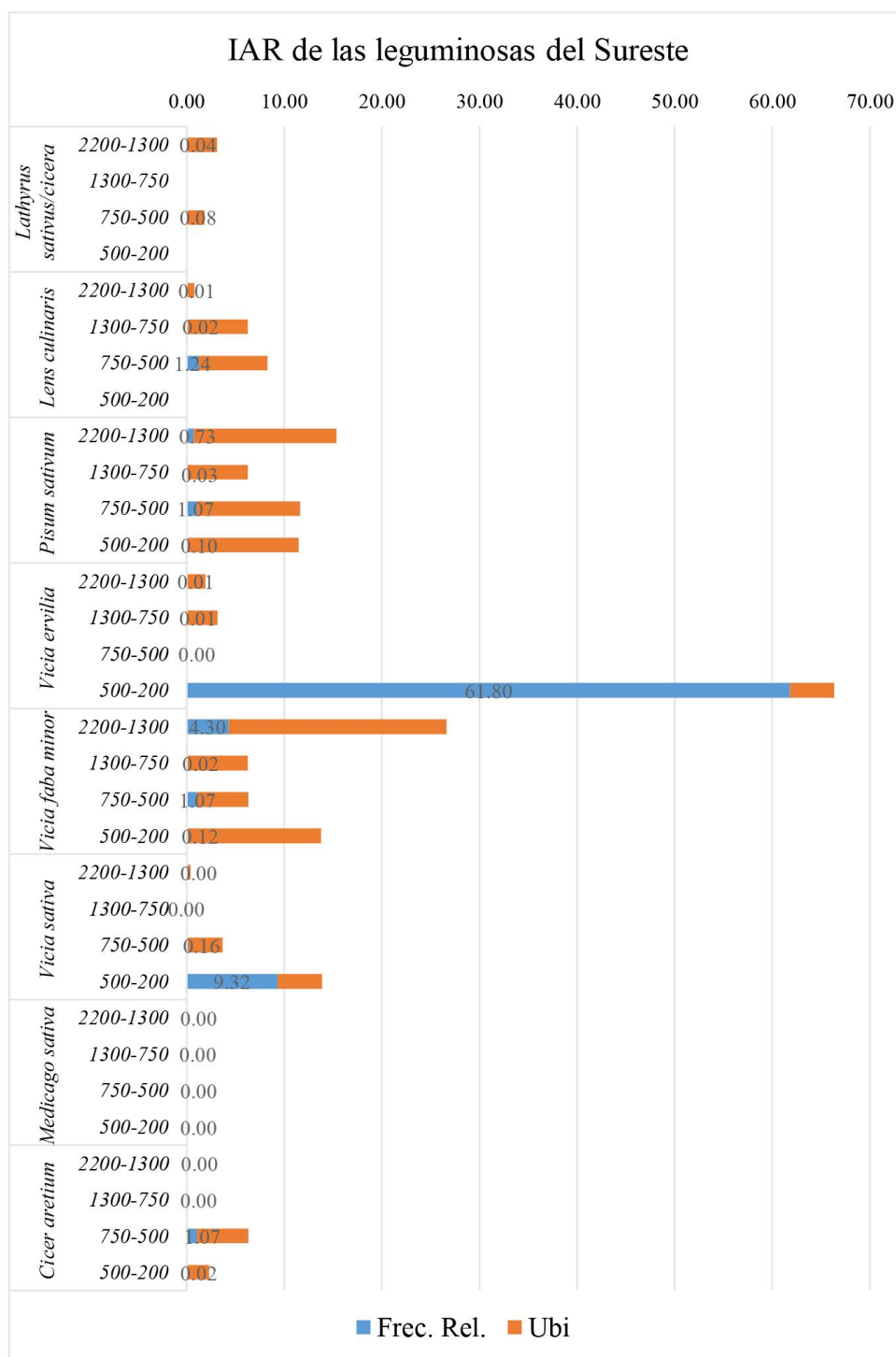


Figura 2.17: IAR de cada taxón de leguminosa cultivada del Sureste en cada fase cronológica

En general se aprecia cómo en esta región hay una mayor presencia de leguminosas cultivadas durante el primer periodo, reduciéndose su importancia en el segundo, y aumentando en ambas edades del Hierro. Aunque la presencia de habas y guisantes es algo mayor a los datos generales vistos por periodos cronológicos, si se observa una cierta reducción de estos taxones en la edad del Hierro, aunque menor que en el cómputo general. Por este motivo parece existir una causa regional para la mayor presencia de

estos taxones en el Sureste, aunque con cambios cronológicos más o menos parejos salvo el descenso de los guisantes en el segundo periodo. Las lentejas y las almortas parecen estar más condicionadas por una cuestión regional que cronológica, especialmente el segundo taxón cuyo IAR es muy bajo en los cuatro periodos; mientras que las lentejas parecen tener cierta importancia en la 2ª y 3ª fase, más acorde a los datos generales, pero estando ausente en el 4º periodo. Estos dos taxones parecen tener una menor influencia en relación con la región que con la propia evolución cronológica; sin embargo, la escasez de datos de las edades del Hierro puede ser un factor que condicione esta observación. Las vezas y los garbanzos sí parecen estar más condicionados por la cronología ya que sus aumentos en el IAR en la edad del Hierro están marcados por la posible domesticación de las vezas en el cuarto periodo, ya que las semillas de cronologías anteriores pueden proceder de individuos silvestres, y en el caso del garbanzo por la no existencia de esta especie en el área geográfica durante la edad del Bronce. Los yeros tienen una presencia mínima hasta el cuarto periodo, hecho que también se observaba en el cómputo general de forma más sutil. En el caso del Sureste el índice de abundancia relativa tan alto de este taxón está causado por una concentración concreta. Si se tiene en cuenta la ubicuidad de las vezas, también se aprecia un aumento con respecto a los periodos anteriores, por lo que su aumento se debe a factores cronológicos y no tanto regionales.

2.6.2.3.4 Centro

En el centro 10 fases-yacimientos se agruparon entre el 200 y el 1300 a.C.; 1 entre el 1300 y el 750 a.C.; 7 entre el 750-500 a.C.; y 6 entre el 500 y 200 a.C. Los datos del segundo periodo son prácticamente inexistentes, alterándose por la presencia de un yacimiento con solo dos muestras, por lo que no se tuvieron en consideración. En el resto de cronologías hay más información, aunque se aprecia la escasez de yacimientos con leguminosas, este hecho no se debe a la falta de estudios, si no a la baja presencia de las leguminosas en el área.

Al desglosar los datos de los taxones de esa región por sus fases cronológicas se observa cómo es en la que menos IAR tienen. En el primer periodo solo las habas (6,5) y los guisantes (4,26) tienen valores superiores a 2, ya que la almorta y las vezas únicamente alcanzan un valor de 1,06 y las lentejas de 0,56, no estando representados los yeros, la alfalfa y los garbanzos. El segundo periodo no se ha podido analizar, ya que a pesar de que se han obtenido datos, estos proceden de un único yacimiento con dos muestras, por ese motivo con solo 2 almortas y 3 lentejas su IAR se han elevado a 50, pero si observados su frecuencia relativa es de en torno a 0,1; por lo que no podemos utilizar estos datos en comparación con el resto de periodos. En el tercer periodo continúa existiendo una baja representación de leguminosas, con la lenteja como principal taxón (6,7) seguidas de las habas (3,82). Las vezas y los garbanzos son los otros dos taxones presentes en este periodo con un IAR de 0,95. En el cuarto periodo el principal taxón es el de las almortas, con un IAR de 11,27, seguido por las vezas con un 7,15 y las habas (3,6). Las lentejas y los

guisantes tienen un IAR de 2,7 y los yeros de 0,45, no habiéndose identificado restos de alfalfa y garbanzos (fig. 2.18).

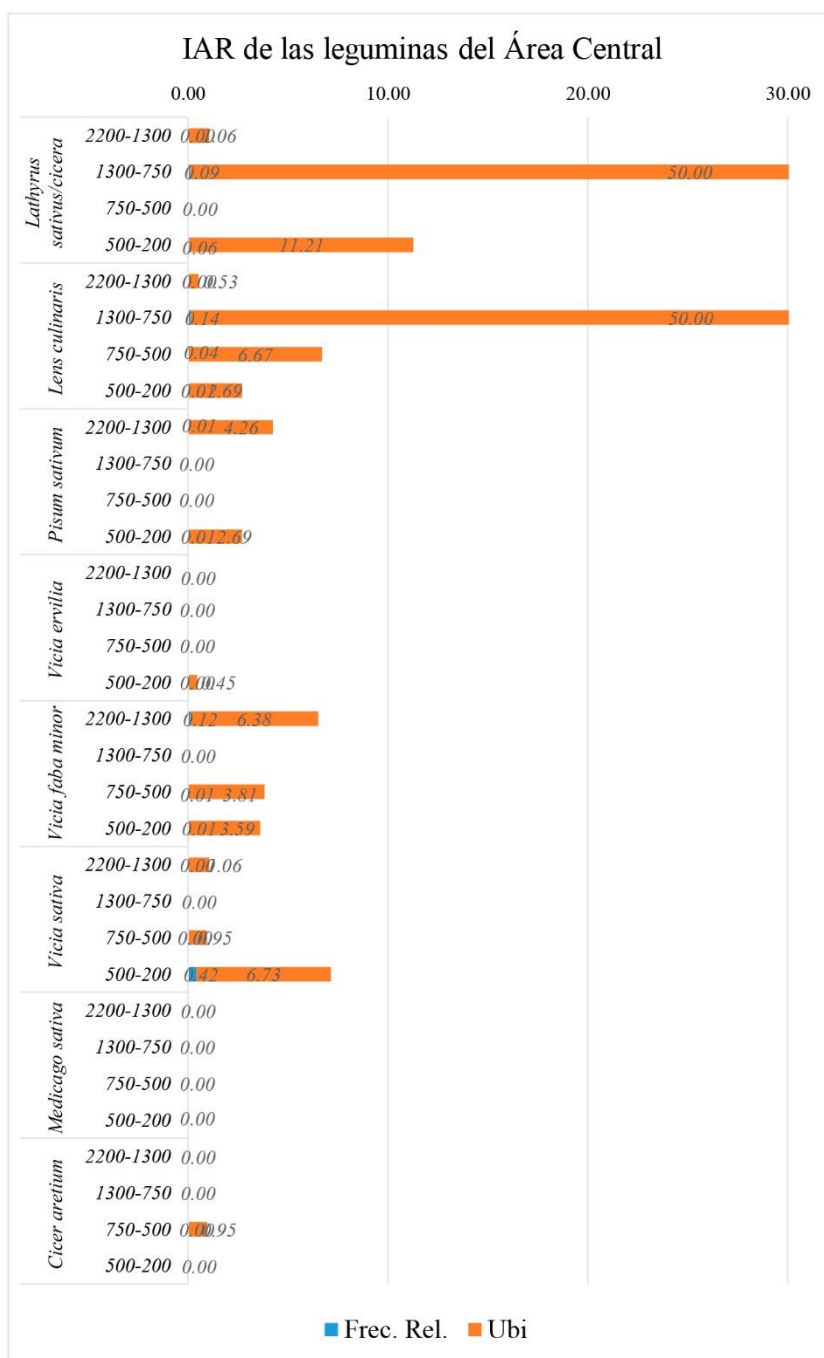


Figura 2.18: IAR de cada taxón de leguminosa cultivada del área central en cada fase cronológica

Los datos de esta región muestran como la presencia de leguminosas en esta área es significativamente menor que en el resto, siendo una característica regional. Sin embargo, se aprecia una tendencia cronológica en paralelo a otras regiones, como la mayor presencia de habas y guisantes en el primer periodo y el aumento de almortas y lentejas

en la edad del Hierro. Sin embargo, al tener todos los taxones IAR bajos es difícil de precisar con exactitud. Otra característica relacionada con la cronología es el aumento del IAR de las vezas en el cuarto periodo, así como la aparición de los yerros en el mismo, aunque de forma muy marginal. Como en el periodo anterior también se observan garbanzos en la primera edad del Hierro y la ausencia de alfalfa en toda la región.

2.6.2.3.5 Noreste

En el Noreste, 4 yacimientos se clasificaron en el primer periodo cronológico, 3 en el segundo, 12 en el tercero y 25 en el cuarto. De nuevo la falta de leguminosas en los dos primeros periodos no se debe a la falta de estudios realizados, evidenciando una tendencia en esta región.

En el primer periodo de esta región los taxones de leguminosas con el IAR más elevado son las habas (7,63) y los guisantes (6,54), a cierta distancia del resto, como la alfalfa (2,36) y las lentejas y los yerros (2,18). Las almortas, las vezas y los garbanzos no están presentes. En el segundo periodo únicamente se documentan vezas (6,55), lentejas (4,47) y habas (4,37). En el tercer periodo el IAR de las lentejas es muy elevado (49,5) por dos concentraciones de lentejas en Font de la Canya, sin embargo, su ubicuidad también es elevada (19,05) siendo el taxón en ambos valores, por lo que su importancia en este periodo es alta. En un segundo lugar aparecen las almortas, con un IAR de 12,07 y ya algo alejados los guisantes (5,96) y las habas (5,89). Los últimos taxones presentes, pero de forma marginal son la veza (0,79) y los yerros (0,4). En el último periodo, las lentejas y las almortas vuelven a destacar sobre el resto, pero con IAR menores que en el periodo anterior (10,26 y 10,18 respectivamente). En un segundo plano vuelven a estar los guisantes (6,31) y las habas (3,08); seguidas por las vezas (2,32). Con valores marginales se encuentran los yerros (0,57) y la alfalfa (0,28), mientras que no se han encontrado garbanzos en la región (fig. 2.19).

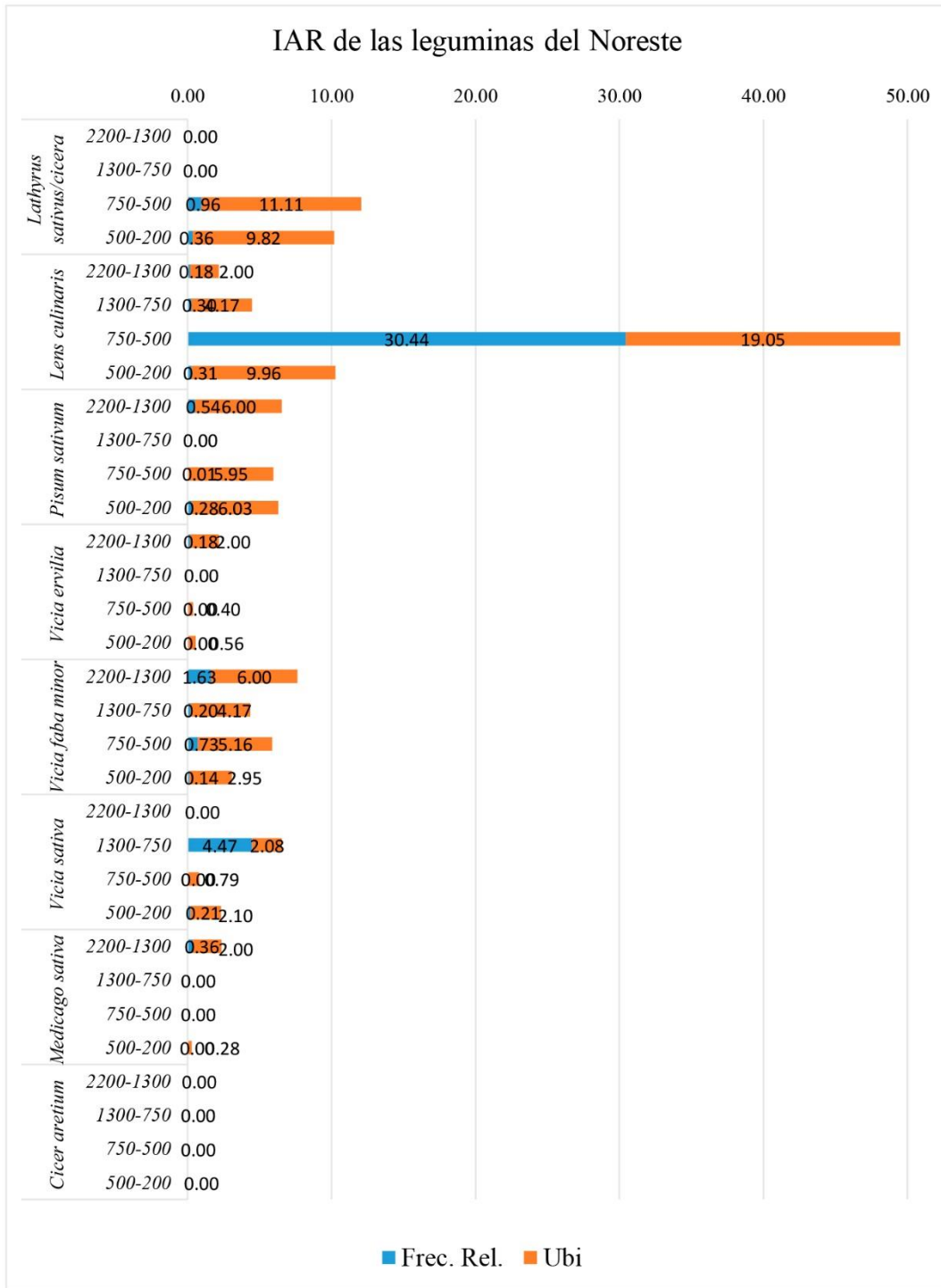


Figura 2.19: IAR de cada taxón de leguminosa cultivada del Noreste en cada fase cronológica

En esta región, a diferencia del sureste, se aprecia una baja presencia de las leguminosas cultivadas en el primer periodo, con un ligero descenso en el segundo. Sin embargo, si se asemeja al Sureste al aumentar la importancia de las leguminosas en los periodos de la edad del Hierro. Los cambios producidos entre las habas y los guisantes en la edad del Bronce a lentejas y almortas en la edad del Hierro están acordes con los datos generales, y aunque difiere en estos dos taxones con el Sureste, sí que se aprecia un descenso de los guisantes y habas en favor de otros taxones en las cronologías más recientes.

2.6.2.3.6 Norte

En el norte, no se identificaron yacimientos con leguminosas en el primer periodo, en el segundo fueron 8, en el tercero 9 y finalmente 13 en el cuarto. La falta de leguminosas en el Bronce Pleno se debe a la falta de estudios arqueobotánicos de macrorrestos de frutos y semillas en esta región, hecho ya evidenciado en otras publicaciones (Alonso & Bouby, 2017).

En la fase más antigua estudiada no hay ningún yacimiento con leguminosas. En el segundo periodo (1300-750), la leguminosa con un mayor IAR es el guisante, con 28,35. En segunda posición se encuentran las habas con un 14,87. Ya a mayor distancia están las almortas (6,26) y por último las lentejas, los yeros y las vezas (2,09). No se han identificado restos de alfalfa ni garbanzo. En el tercer periodo el taxón con un IAR mayor son los yeros (13,21) seguido de las lentejas (11,14) y en un tercer lugar las almortas (7,19). Los guisantes y las habas descienden marcadamente hasta llegar al 3,49 y 1,74 respectivamente. En este periodo no se han identificado vezas, garbanzos ni alfalfa. Durante el 4 periodo, los taxones con el mayor índice de abundancia relativa son las almortas y las lentejas (27,77 y 22,74 respectivamente); seguidas por las habas y los guisantes (12 y 10,17) y bastante cerca se encuentran los yeros (9,74). Por último, con una presencia marginal aparecen la alfalfa (0,55), las vezas y los garbanzos (0,37) (fig. 2.20).

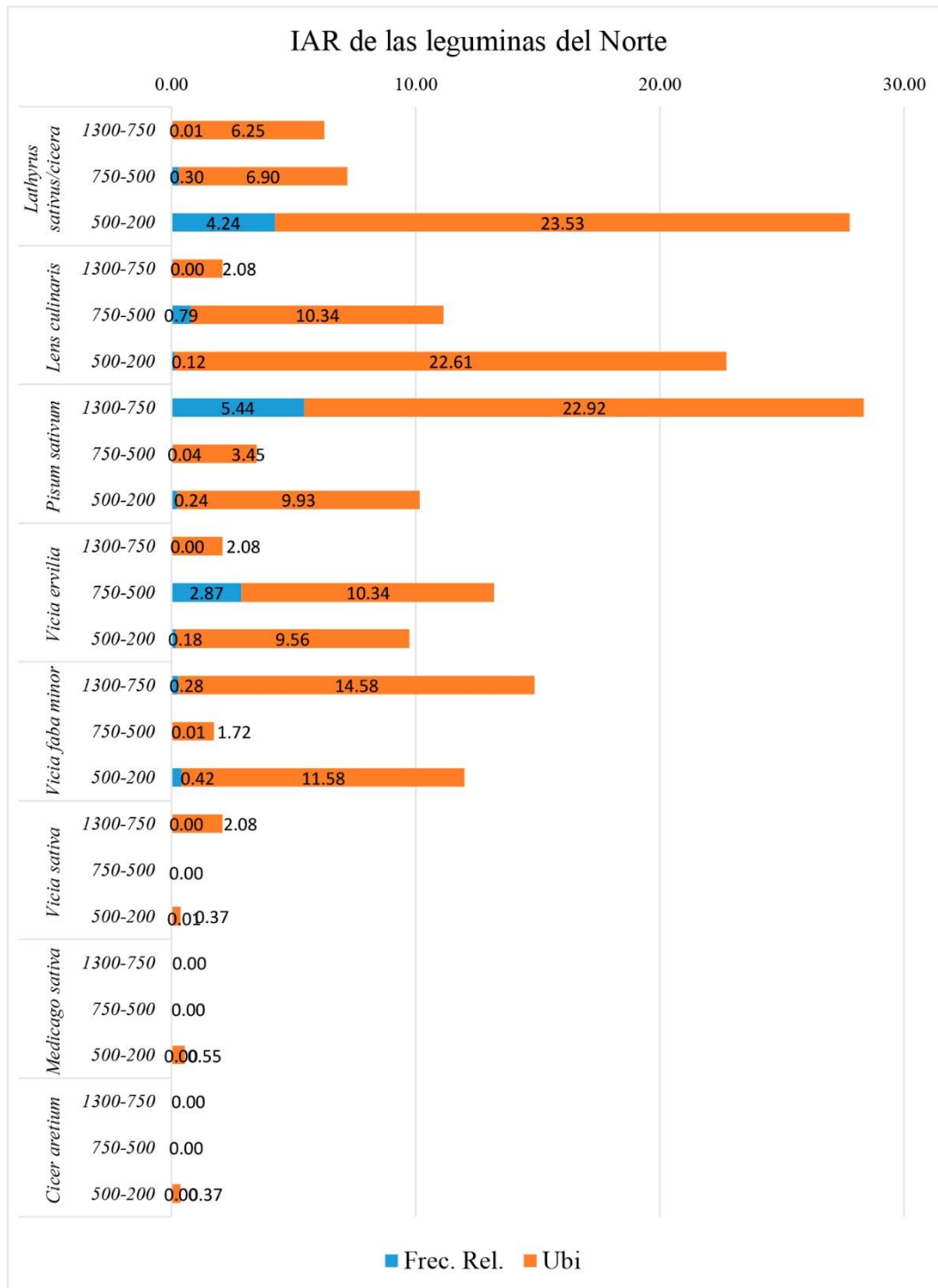


Figura 2.20: IAR de cada taxón de leguminosa cultivada del norte cada fase cronológica

En esta región tienen una mayor presencia los taxones de leguminosas cultivadas que en las anteriores. Este hecho se observa especialmente en el segundo periodo, momento en el que en el sur y Noreste las leguminosas están menos representadas que en el resto de

periodos mientras que en el norte, en los tres periodos registrados las leguminosas tienen índices de abundancia relativa tienen más o menos una representación estable. Respecto a los cambios cronológicos se observa de nuevo la mayor presencia de habas y guisantes en la edad del Bronce, mientras que, en el Hierro, pasan a ser las lentejas y almortas, además de los yeros. Con la región del Noreste se asemeja en el aumento de almortas y lentejas en la edad del Hierro, mientras que con el Sureste tiene en común el aumento de los yeros en estas fases cronológicas y en la presencia de IAR relativamente altos de habas y guisantes en la edad del Hierro, aunque ya no sean los taxones principales. De nuevo aparece el garbanzo durante el cuarto periodo cronológico, aunque con un índice muy bajo.

En general se aprecian ciertas tendencias que parecen estar más relacionadas con la cronología y otras con rasgos regionales. Cronológicamente se aprecia un mayor predominio de habas y guisantes en el segundo periodo cronológico, mientras que en el Hierro los principales taxones son las almortas, las lentejas o los yeros. El aumento de las vezas, las lentejas y los yeros en los periodos cronológicos más recientes también parece una constante cronológica ya que se produce en las cuatro regiones, así como la aparición del garbanzo a partir de la primera edad del Hierro. Por otro lado, la mayor o menor presencia de leguminosas cultivadas parece ser un factor más regional, con el centro con pocas leguminosas en los cuatro periodos cronológicos, mientras que en el norte los 3 periodos con datos tienen unos índices altos para las leguminosas. El sureste se caracteriza por un primer y cuarto periodo con IAR de leguminosas cultivadas alto, un segundo periodo con pocas leguminosas, mientras que el tercero está en un punto intermedio. Mientras que en el Noreste los dos primeros periodos tienen pocas leguminosas, aumentando su número en los dos últimos. Otro factor con un posible carácter regional es la poca presencia de almortas en el Sureste y de yeros en el Noreste.

2.6.2.3.7 Análisis de correspondencia

En otros estudios sintéticos se han aplicado los análisis de correspondencias sobre los datos del índice de abundancia, creado a través de la frecuencia relativa y convirtiendo los porcentajes en una escala ordinal (Bouby, 2014; Jacomet, 2007; Pinaud-Querrac'h, 2021; Ros, 2020; van der Veen, 2007). Sin embargo, en las leguminosas cultivadas la frecuencia relativa suele ser muy baja, pudiendo distorsionarse los datos obtenidos. Como en los apartados anteriores se ha calculado y comparado los datos a través del índice de abundancia relativa se ha considerado el interés que podría tener la aplicación de los análisis de correspondencia sobre este índice que recoge tanto la frecuencia relativa como la ubicuidad. En la bibliografía de síntesis no hemos localizado ninguna publicación en la cual estos análisis se apliquen a partir de estos datos, por lo que se ha realizado una primera comparación, aplicando análisis de correspondencia tanto en los índices de abundancia como en los índices de abundancia relativa transformada en escala ordinal. Esta comparación metodológica se ha realizado para establecer que valores aportan

mejores resultados a las leguminosas cultivadas en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.

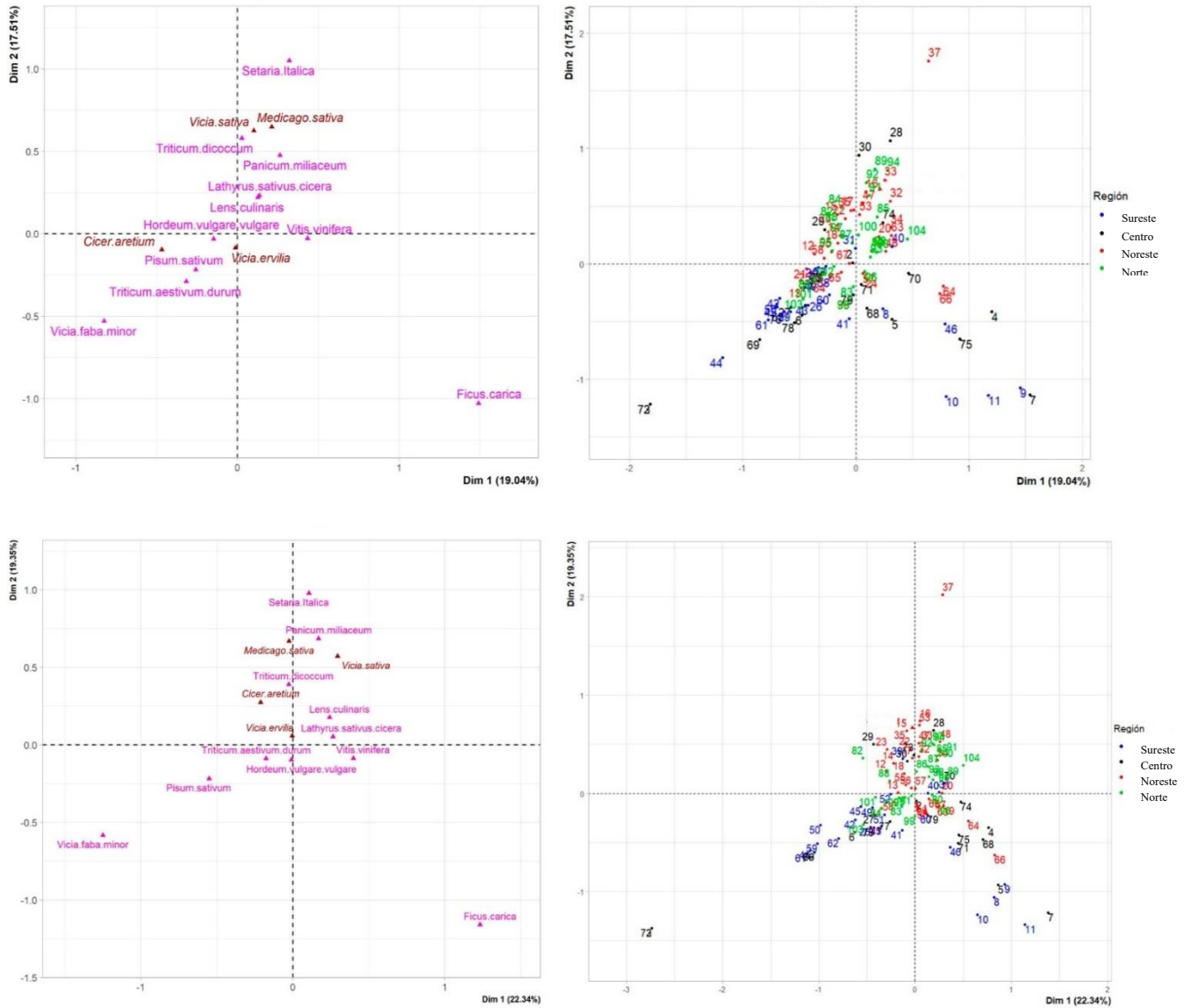


Figura 2.21: Gráficos superiores: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del índice de abundancia. A la izquierda se representa la distribución de los taxones y a la derecha la de las fases de los yacimientos. Se han representado por separado para evitar la confusión de datos. La primera dimensión recoge el 19,04% y la segunda el 17,5% de la inercia total. Gráficos inferiores: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del índice de abundancia relativa. A la izquierda se representa la distribución de los taxones y a la derecha la de las fases de los yacimientos. La primera dimensión recoge el 22,34% y la segunda el 19,35% de la inercia total

En los gráficos obtenidos se aprecia cómo los resultados son muy similares, distribuyéndose los yacimientos y los taxones de forma bastante semejante en ambos casos. Sin embargo, si observamos los resultados estadísticos de los dos análisis aplicados

sobre los taxones con una ubicuidad mayor al 5% (ver anexo XVI), al utilizarse los índices de abundancia relativa, la inercia acumulada alcanza el 41,7% en las dos primeras dimensiones; mientras que en el análisis de los índices de abundancia es algo menor, un 36,5%. En la mayoría de las publicaciones se establece un límite mínimo de inercia acumulada de un 40% entre las dos primeras dimensiones para considerar relevante los resultados (Antolín, 2016; Jacomet, 2007; van der Veen, 2007). En los análisis aplicados sobre las principales leguminosas cultivadas, los resultados en los datos de IAR son algo mejores, aunque muy parecidos a los del índice de abundancia (fig. 2.21).

Aunque en vista de los resultados hay poca diferencia, finalmente se ha elegido utilizar los datos del IAR para realizar los análisis de correspondencia, ya que son ligeramente más completos y más útiles en el resto de comparaciones realizadas anteriormente.

2.6.2.3.7.1 Taxones

Tanto en el gráfico de dispersión obtenido del análisis de correspondencia como en los resultados estadísticos, se observa como los taxones de las habas y los higos son muy discriminantes al tener unos valores de contribución absoluta elevados en la primera dimensión (eje x), mientras que el mijo y el panizo también se encuentran en el extremo positivo del eje y, ya que en la 2ª dimensión tienen unos valores de contribución absoluta elevados. Por otro lado, se observa como las habas y los guisantes están más relacionados entre ellos y en cierta forma con el trigo desnudo y la cebada vestida; mientras que la almortas y lentejas están muy relacionadas entre ellas y en menor medida con la uva, el farro, el mijo y el panizo que las dos leguminosas anteriores. Estos datos ya se observaban en las comparaciones anteriores, pero con el análisis de correspondencia se confirman tanto gráfica como estadísticamente. El resto de taxones de leguminosas cultivadas, se han utilizado como información complementaria, no utilizándose sus datos para establecerse las relaciones entre los yacimientos y taxones, pero sí representándose sus valores medios en el gráfico. Todas ellas se sitúan en el lado positivo del eje Y, por lo que su relación está más relacionada con las lentejas y las almortas que con los guisantes y las habas. Los yeros se sitúan muy cercanos del punto cero, que es el punto medio de todos los valores absolutos, por lo que su relación es mayor con los taxones con mayores valores de IAR, especialmente con el trigo desnudo, la cebada vestida, las lentejas, las almortas y algo menos con el farro; teniendo poca relación con las habas, los guisantes el mijo y el panizo y los higos. La alfalfa y las vezas se encuentran en valores positivos y bastante altos, por lo que su relación parece ser mayor con el mijo y el panizo; el farro; y las almortas y lentejas; quedan lejos del resto de taxones. El garbanzo se encuentra en una posición intermedia entre los yeros y las vezas, teniendo más relación con este primer taxón además del farro las lentejas, las almortas y en menor medida la cebada vestida y el trigo desnudo. Aunque orientativos hay que tener siempre en cuenta que estos cuatro taxones tienen bajos índices de ubicuidad, pudiendo alterar su relación con otros taxones (fig. 2.22).

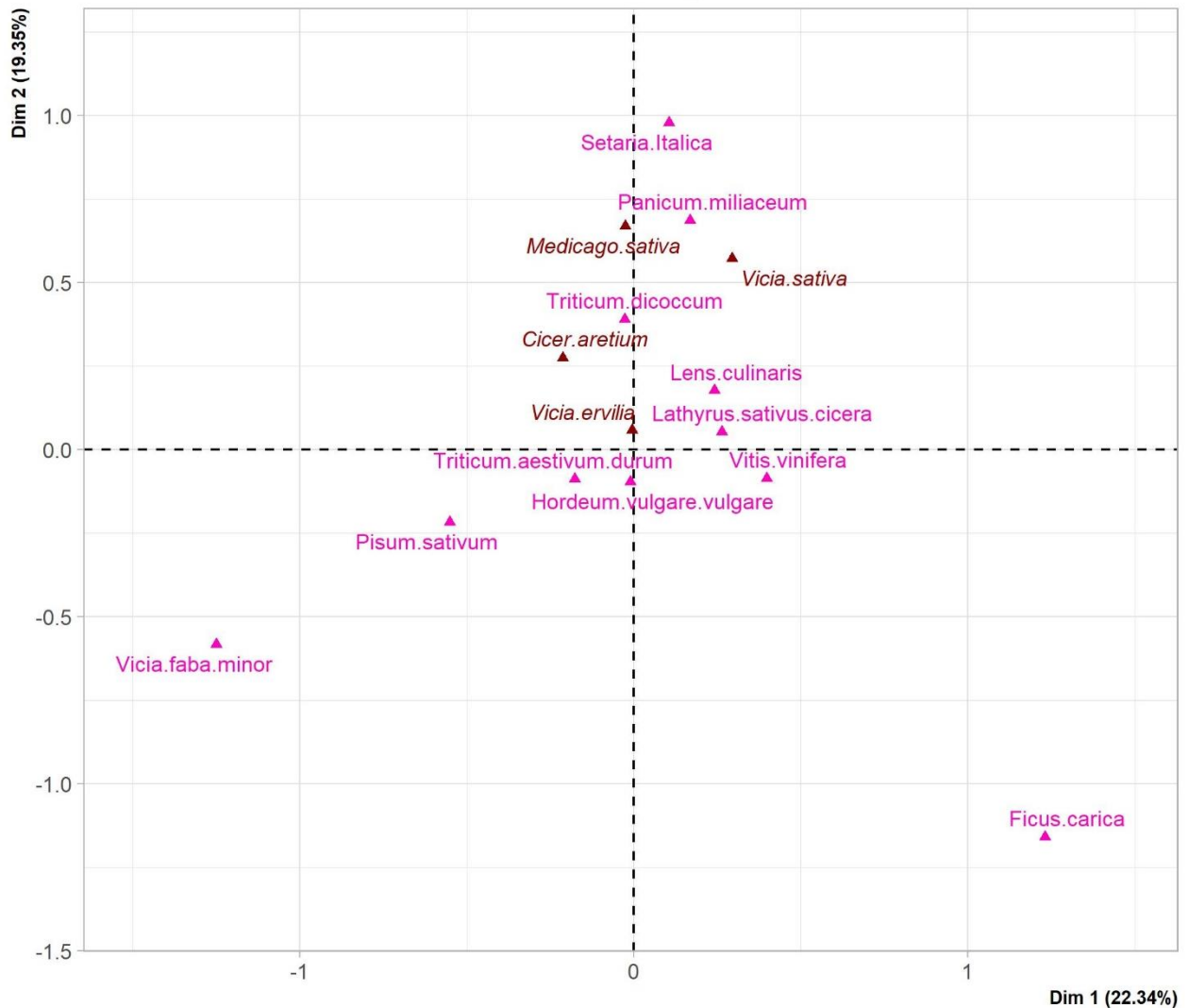


Figura 2.22: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del IAR. Se muestra la distribución de los taxones analizados. En rosa se muestran las categorías de la variable taxón utilizadas en el análisis, en marrón las complementarias

2.6.2.3.7.2 Regiones

Al observarse la distribución de las fases de yacimientos en los ejes creados con las dos primeras dimensiones se observa cómo la región del Sureste predomina en los valores negativos del eje y, siendo algo más abundante en la parte negativa del eje x, aunque también está presente en el positivo. Algunos casos se encuentran situados en el lado positivo del eje Y, pero son muy escasos. Esta distribución relaciona a muchos yacimientos de esta región con las habas y los guisantes (cuadro x negativo, y negativo) y con estos dos taxones además del higo (yacimientos situados en el recuadro positivo y

negativo). También el hecho de situarse en el eje negativo de Y y los relaciona más con la cebada vestida y el trigo desnudo que al resto de cereales, aunque la mayoría de yacimientos, tiene algo más de relación con este segundo taxón ya que también se encuentra con valores negativos en ambos ejes.

La región central no tiene una distribución tan clara como el resto. La mayoría de sus yacimientos se encuentra en el eje negativo de Y , aunque también hay una relativa presencia en el lado positivo. Esta distribución muestra una mayor relación con las habas y los guisantes, especialmente los dos yacimientos situados en el extremo del recuadro doble negativo; además de los higos y la uva; y con la cebada vestida y el trigo desnudo; como la región del Sureste. Sin embargo, algunos yacimientos tienen más relación con el mijo, el panizo, el farro, las almortas y las lentejas; situándose en el lado positivo de Y .

La distribución del Noreste se caracteriza por estar dividida en dos bloques principales, el primero situado en la parte negativa del eje X y dentro de la positiva de Y ; teniendo más relación con el farro, el mijo y el panizo además de las lentejas y las almortas. Parte de este bloque ese encuentra con valores altos de Y , pero ya en el lado positivo de X , destacando su relación con el mijo y el panizo y los dos taxones de leguminosas anteriores. El otro bloque de esta región, con menos yacimientos que el anterior, se encuentra con valores positivos de X y negativos de Y ; aunque cercanos al punto cero, por lo que están relacionados con la cebada vestida y en menor medida el trigo desnudo, además de con las lentejas y las almortas, pero también con las habas y los guisantes en una menor proporción. Existen algunas excepciones situadas en el eje doble negativo, teniendo más similitudes a la región del Sureste.

La región del Norte tiene una distribución a la inversa que la anterior, con un primer bloque situado en el cuadro doble positivo y otro en el doble negativo, con algunos pocos yacimientos en los otros dos. Como en los casos anteriores, los yacimientos situados en el recuadro doble positivo tienen más presencia de lentejas y almortas, además de una mayor presencia de cebada vestida, trigo farro, mijo y panizo que de trigo desnudo. El bloque de yacimientos del recuadro doble negativo, por otro lado, tiene una mayor relación con las habas y los guisantes además del trigo desnudo y con la cebada vestida, aunque algo menos que el primer taxón (fig.2.23).

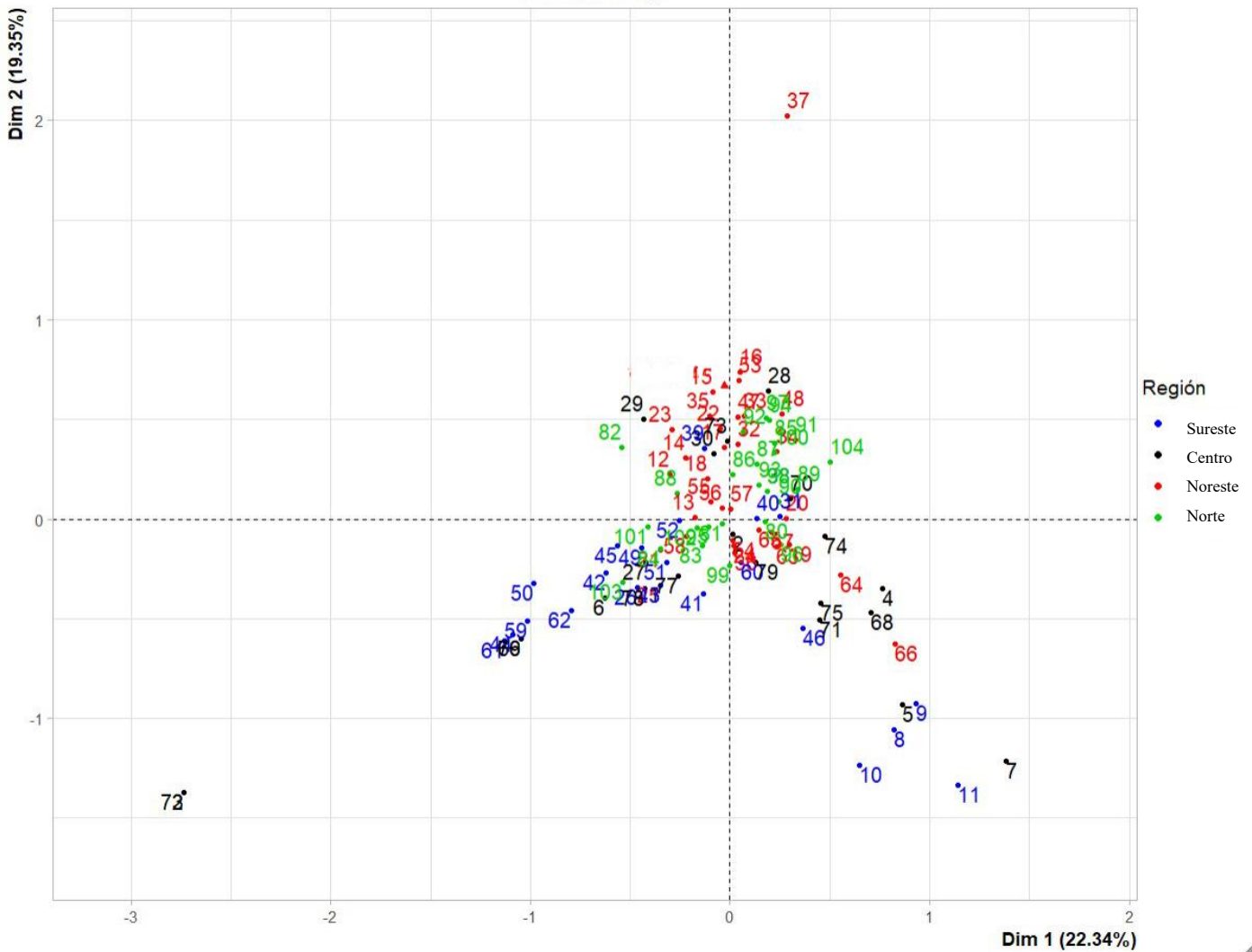


Figura 2.23: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del IAR. Se muestra la distribución de fases de yacimientos. Los colores representan la región en la cual están situadas. Es complementaria a la figura 3.19

2.6.2.3.7.3 Cronología

Al tener en cuenta esta variable, se aprecia cómo existe cierta relación entre la distribución de las cuatro fases cronológicas establecidas según el IAR de los taxones identificados en los diferentes yacimientos.

En el primer periodo (1200-1300 a.C.), la mayoría de los yacimientos se encuentran en el recuadro doble negativo, con algún yacimiento en el resto de cuadrantes, pero de forma esporádica. Por lo tanto, la mayoría de yacimientos de esta cronología tienen un predominio de las habas y los guisantes en los taxones de las leguminosas y del trigo desnudo como primer cereal seguido de la cebada vestida. Los dos yacimientos situados en el cuadrante (x=+, y=-), también tiene valores similares a los anteriores, aunque con una considerable presencia de higos.

En el segundo periodo (1300-750 a.C.) la distribución no tiene una tendencia clara ya existen yacimientos en todos los cuadrantes sin un predominio marcado, por lo que no existen una tendencia clara en la mayor presencia y abundancia de unos taxones sobre otros.

En el tercer periodo (750-500 a.C.) se observan dos grandes grupos en los cuales se concentran la mayor parte de los yacimientos de esta cronología. El que tiene una mayor presencia con altos valores positivos del eje Y, a ambos lados del eje X, pero con una ligera mayor presencia en el lado positivo. Este grupo evidencia una mayor importancia de los cereales de primavera, como el mijo y el panizo, a la vez que hay una mayor presencia de trigo farro, almortas y lentejas. El segundo grupo se localiza en el recuadro del eje x positivo, pero del y negativo; relacionando estos yacimientos con la uva y en menor medida con el higo, además de la cebada vestida, las almortas y en menor medida las lentejas. Por último, existen dos yacimientos con una alta presencia de habas y guisantes además de trigo desnudo y cebada, que se sitúan en el cuadrante doble negativo.

Durante el cuarto periodo (500-200 a.C.) se observa una distribución general en torno al punto cero, ya que se reparten más o menos homogéneamente alrededor de este lugar. Sin embargo, aparecen algo más presentes en la zona del eje Y positiva, evidenciando que además de tener taxones situados en los cuadrantes negativos de Y (habas, guisantes, cebada vestida y trigo desnudo), también tienen taxones situados en la parte positiva como los cereales de ciclo corto, las lentejas y las almortas y el farro. Se observa como una serie de yacimientos se sitúa a lo largo del cuadrante x positivo y negativo, evidenciando una serie de yacimientos donde las uvas y los higos tienen una alta abundancia y ubicuidad además de lentejas y almortas y en menor medida de guisantes y habas (fig. 2.24).

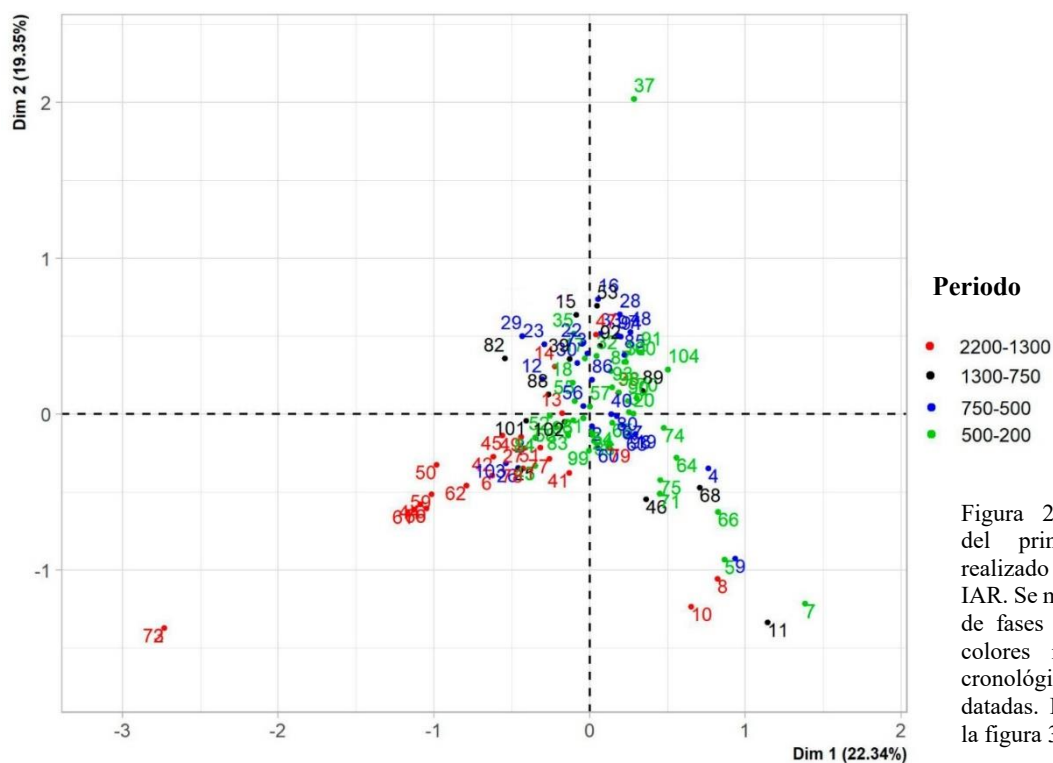


Figura 2.24: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del IAR. Se muestra la distribución de fases de yacimientos. Los colores representan la fase cronológica en la cual están datadas. Es complementaria a la figura 3.19

En general se observa como la falta de cereales de ciclo corto en los yacimientos de la primera cronología y del sur, los sitúa en la parte negativa del eje y. La mayor presencia de habas y guisantes hace que se sitúen con valores de x más negativos; mientras que la región del sur tiene valores de x más cercanos a cero, causados por una mayor presencia de higos y uva. Con valores de x cercanos a cero y de Y algo positivos pero muy cercanos al punto cero se encuentra el segundo periodo cronológico, evidenciando la presencia de todos los taxones similares a la media total, con la presencia de todos ellos. Con valores de Y y de X un poco más positivos se encuentra la región norte, que indican una mayor presencia de cereales de primavera y de farro superiores a la media, a la vez que las almortas y las lentejas ganan peso sobre las habas y los guisantes (fig. 2.25). La región del Noreste tiene valores de x y de y más positivos que el caso anterior, por lo que el peso de los cereales de primavera y las lentejas es mayor que en el caso anterior, mientras que los valores del farro y las almortas es más o menos similar en ambas regiones. Entre estas dos regiones se encuentra el tercer periodo cronológico, con valores muy similares a esas dos regiones, pero en un punto intermedio, es decir que los cereales de primavera y las lentejas tienen un IAR ligeramente superior al norte pero ligeramente inferior al Noreste. Con valores de x positivos pero cercanos a cero y valores de y negativos se encuentra la región central; hecho que nos confirma tanto la presencia de guisantes y habas además de almortas y lentejas, con mayor presencia del trigo desnudo y cebada vestida que la media y un mayor peso de la uva y el higo. Con valores de y prácticamente de 0 y con valores de x positivos se encuentra el cuarto periodo cronológico, que evidencía la mayor presencia de almortas y lentejas en esta cronología además de predominar la cebada vestida sobre el trigo desnudo y la presencia de cereales de ciclo corto y de farro, aunque menores que en el tercer periodo o que en las regiones del norte del Ebro. Su cercanía con la uva muestra una gran presencia de este taxón durante la última fase cronológica, evidenciando el aumento del cultivo de este frutal.

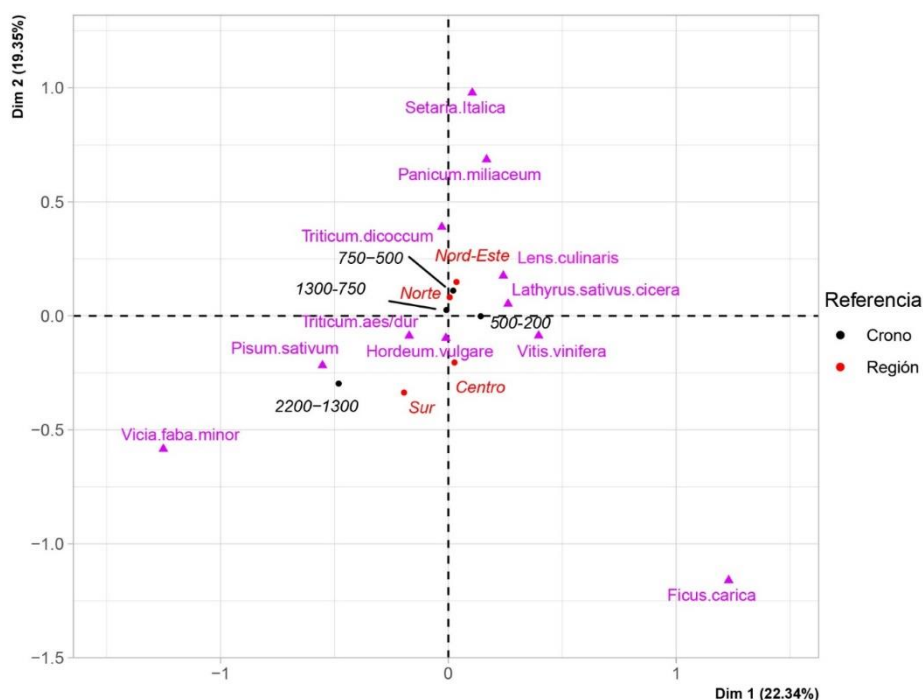


Figura 2.25: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del IAR. Los triángulos representan el valor medio de las categorías de los taxones en el primer plan factorial. Los puntos representan la media de las fases de los yacimientos situados en las diferentes regiones y en los diferentes periodos cronológicos

2.6.2.3.7.4 Análisis de correspondencia sobre leguminosas

Un segundo análisis de correspondencia se ha realizado sobre los datos del índice de abundancia relativa transformados en una escala ordinal, pero teniendo en cuenta solo las especies de leguminosas. En un primer momento se realizó con las 6 especies principales de esta familia, pero las vezas y los yeros tienen una baja ubicuidad hecho que hacía que los análisis se distorsionasen por su presencia, por lo que finalmente se utilizaron solo los taxones con más de un 5% de ubicuidad (lentejas, almortas, habas y guisantes). La inercia portada por estos taxones es muy similar entre ellos, por lo que su distribución en el plano es bastante homogénea, quedando cada uno en un extremo del gráfico, con los guisantes en el recuadro $x=-, y=+$, las lentejas en $x e y = +$, las habas en $x e y = -$ y las almortas en $x=+, y=-$ (fig. 2.26).

Como en el análisis anterior, el resto de taxones no utilizados se han adjuntado como valores complementarios, utilizándose los valores medios para su representación en el gráfico. En este aspecto se aprecia como el trigo desnudo y la cebada vestida tienen una ligera mayor vinculación con las habas y los guisantes, ya que se encuentran en los valores negativos de X. Por otro lado, los cereales de primavera tienen más relación con las lentejas y en menor medida con las almortas, mientras que el trigo farro tiene una vinculación similar entre las lentejas y almortas, siendo significativamente mayor que con las habas y los guisantes. La uva y los higos también tienen más relación con las lentejas y las almortas que con los otros dos taxones de leguminosas cultivados utilizados en este análisis; aunque los higos están algo más vinculados con las lentejas y la uva más o menos igual con ambas especies. Los taxones de leguminosas cultivadas no utilizados en el análisis se encuentran repartidos por el gráfico, estando los yeros y los garbanzos más vinculados a las almortas, las vezas a las lentejas y la alfalfa a los guisantes.

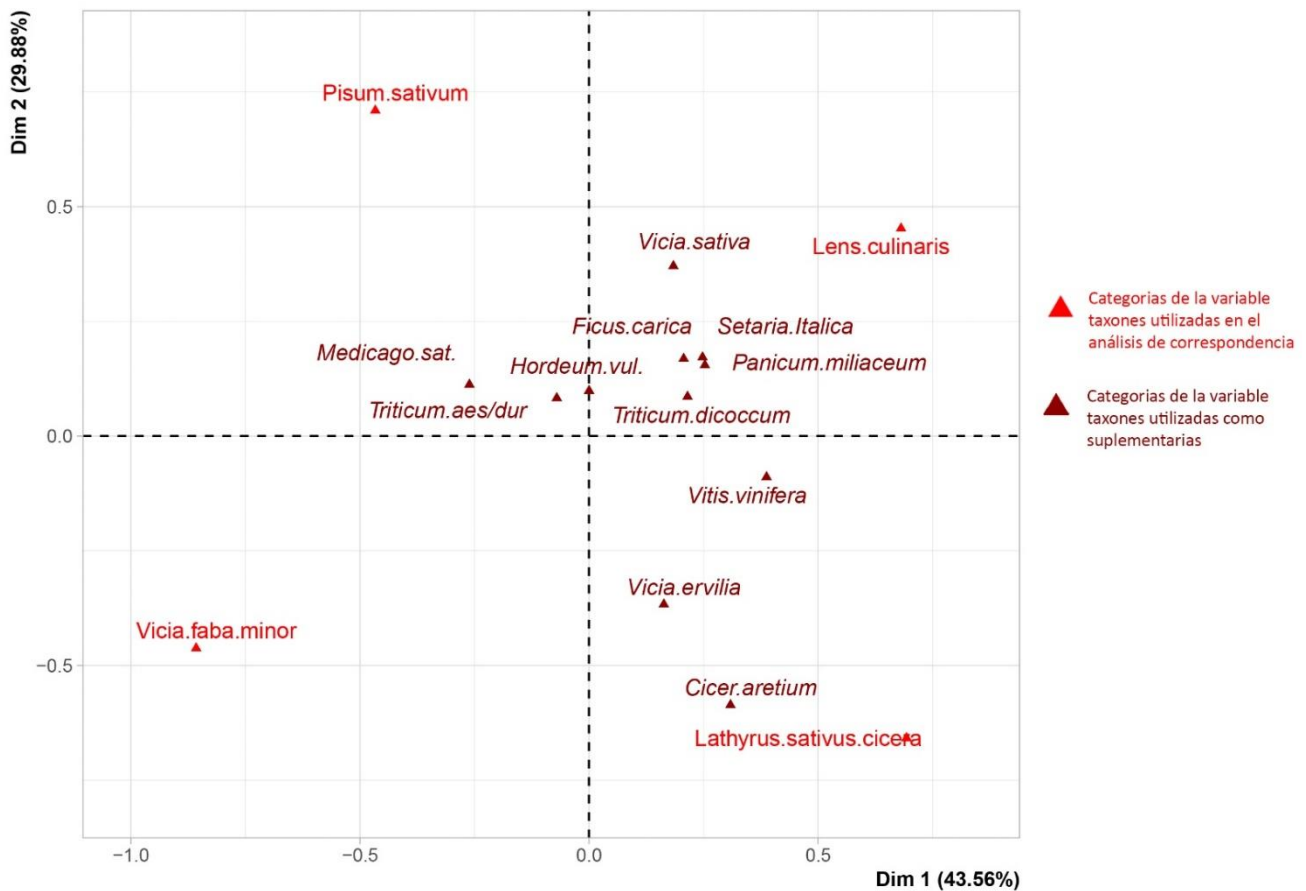


Figura 2.26: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del IAR. Las categorías de taxones utilizadas son las referentes a leguminosas cultivadas con valores superiores al 5% (en color rojo). El resto de taxones (marrones) se han utilizado como información complementaria

En estos análisis al utilizar solo los datos de 4 taxones de leguminosas se han producido un alto número de yacimientos sobrepuestos en la distribución de sus valores en las dos primeras dimensiones, no observándose correctamente en algunos casos. Los yacimientos del sureste se encuentran casi en su totalidad en los valores negativos del eje X, teniendo más relación con los taxones de las habas y los guisantes. Los yacimientos de la región central se encuentran más diseminados por el gráfico, aunque predominan en los valores negativos de X, estando ligeramente más relacionados con las habas y las almortas. Los yacimientos del sureste se localizan en el lado positivo del eje x, aunque también se encuentran en el lado negativos, pero con valores muy cercanos a cero, diferenciándose del sureste, cuyos yacimientos tienen mayores valores negativos de x. Por último, los yacimientos del norte se localizan especialmente en el cuadrante positivo de x y negativo de y, aunque hay yacimientos en los otros tres restantes. Estas dos últimas regiones tienen más vinculación con las lentejas y las almortas, aunque este primer taxón destaca más en el Noreste y el segundo en el norte (fig. 2.27).

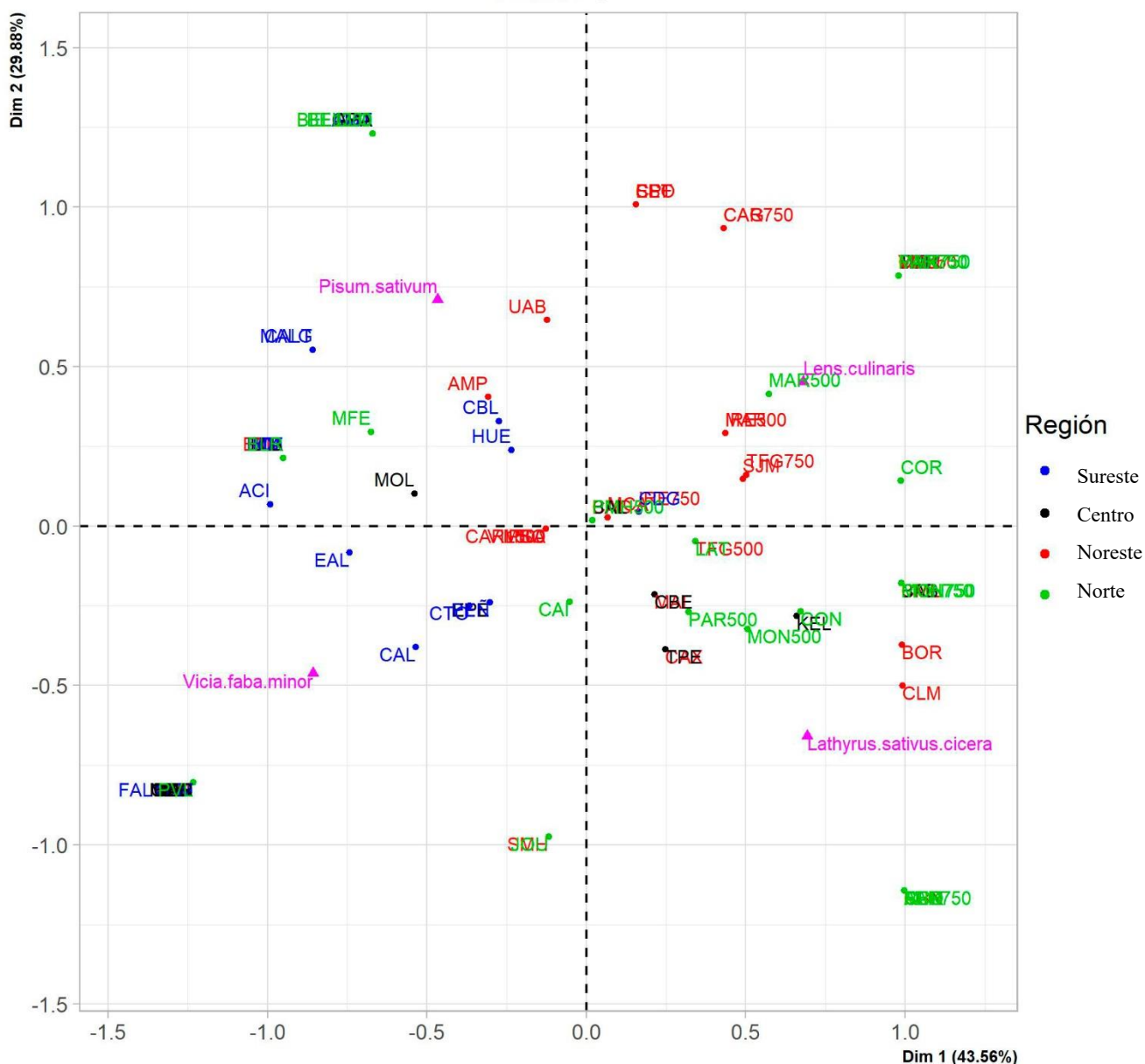


Figura 2.27: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del IAR utilizando los taxones de leguminosas. Se muestra la distribución de fases de yacimientos. Los colores representan la región en la cual están situadas. Se observa una superposición entre observaciones

Cronológicamente la división de los yacimientos es algo más clara que en el caso regional. En el primer periodo (2200-1300 a.C.) todos los yacimientos se encuentran en el eje negativo de x, estando más vinculados a habas y guisantes; hecho bastante similar al segundo periodo (1300-750 a.C.) aunque en este caso si aparece algún yacimiento en el eje positivo de x, aumentando la presencia de lentejas y ligeramente de almortas en esta cronología. Durante el tercer periodo la distribución general cambia, encontrándose la mayoría de yacimientos en el cuadrante doble positivo, con un cierto número de yacimientos en el cuadrante de x negativo, y positivo, aunque muy cercanos a valores de

x iguales a 0. También hay algún yacimiento en el cuadrante de x positivo y negativo, pero menores que en el caso anterior y salvo un caso se encuentran cercanos a valores de y iguales a 0. Esta distribución refleja una relación de este periodo con las lentejas, y en menor medida con los guisantes y las almotras, estando algo más lejos de las habas, salvo alguna excepción. Durante el periodo más moderno la distribución se realiza principalmente en el eje positivo de x, situándose tanto con valores de y positivos y negativos pero cercanos a valores de y iguales a 0. Algunos yacimientos se encuentran en el eje negativo de x, pero de nuevo cercanos a valores bajos de y y salvo alguna excepción. Esta distribución relaciona los yacimientos de esta cronología principalmente con las almotras y las lentejas, aunque en este segundo caso con algo menos de fuerza. También se confirma la relación de algunos de estos yacimientos con las habas y los guisantes, pero en un segundo plano (fig. 2.28).

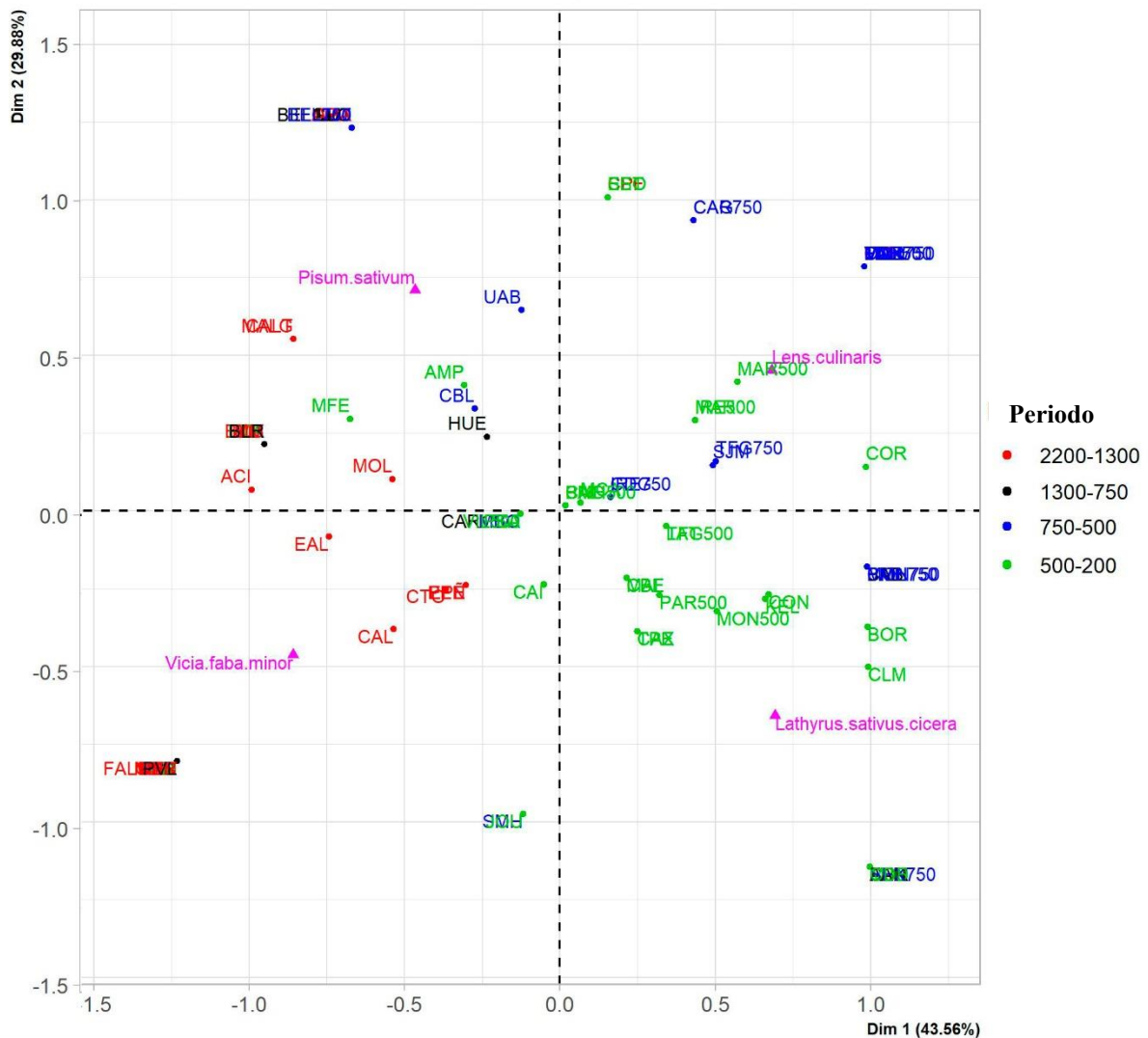


Figura 2.28: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del IAR utilizando los taxones de leguminosas. Se muestra la distribución de fases de yacimientos. Los colores representan el periodo cronológico en el cual están situadas. Se observa una superposición entre observaciones

En resumen, se observa como el primer periodo está dominado por la presencia de habas y guisantes. En las regiones del centro y el sur también se observa este fenómeno, aunque en el primero predominan las habas y hay cierta relación con las almortas; mientras que en la segunda predominan los guisantes y existe una pequeña relación hacia las lentejas. El segundo periodo se encuentra también en los valores negativos de x, pero más cercano del eje, por lo que, a pesar de haber una mayor relación con los guisantes en un primer lugar y las habas, también existe con las lentejas, quedando algo lejos de las almortas. El tercer periodo se encuentra ya en el cuadrante doble positivo, teniendo más vinculación con las lentejas, con las almortas en un segundo lugar, pero también con los otros dos taxones. La región del Noreste se encuentra próxima a las lentejas y algo menos a las almortas, mientras que se aleja de las habas y los guisantes. La región del norte es la que más vinculada con las almortas está, ya que se encuentra en el cuadrante de x positivo e y negativo, aunque más o menos se encuentra a la misma distancia de las lentejas. Ya en un segundo plano se observa la relación con las habas y los guisantes, aunque es menor que los otros dos taxones anteriores. Por último, el cuarto periodo se encuentra más vinculado a las lentejas y las almortas que la región anterior y algo más alejado de las habas y los guisantes (fig. 2.29)

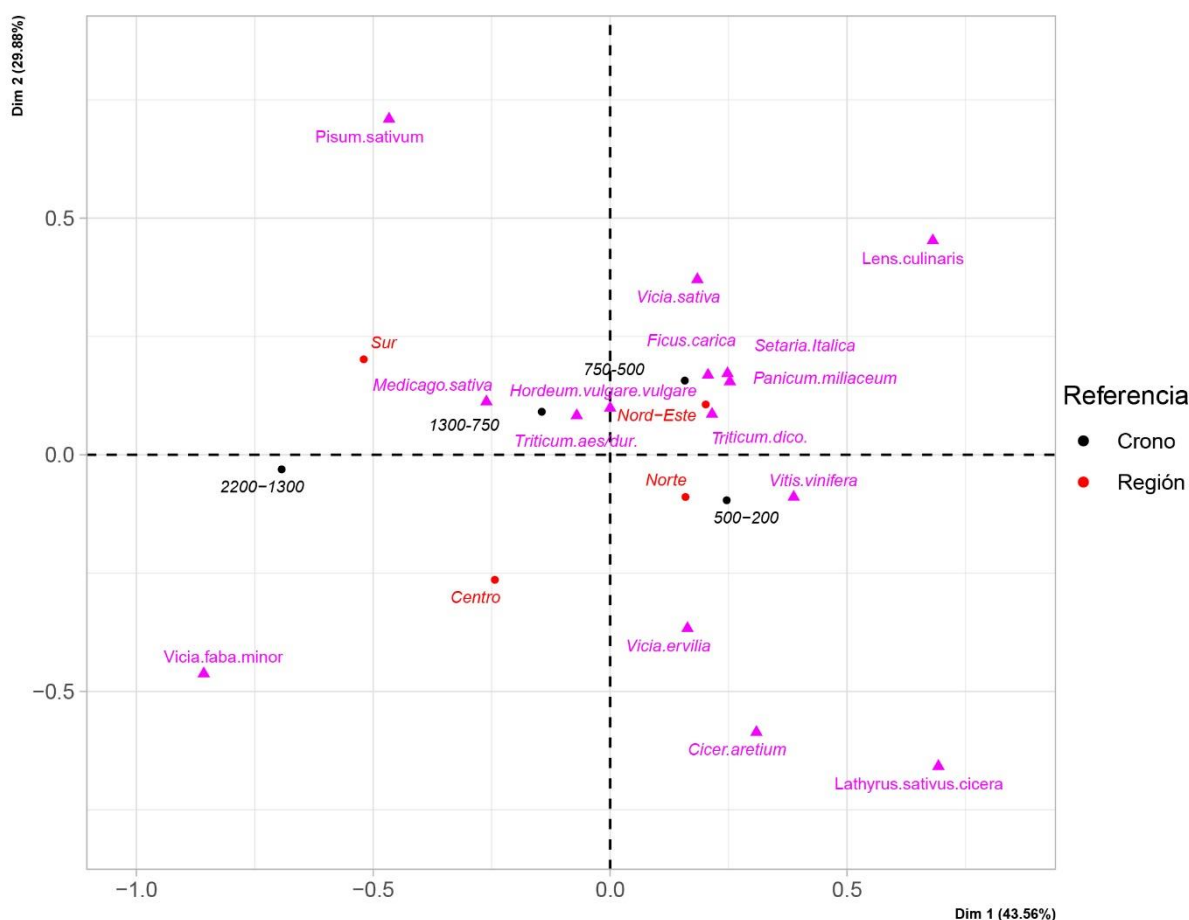


Figura 2.29: Representación del primer plan factorial realizado sobre los datos del IAR. Se muestra la dispersión de taxones según la media de la categoría de la variable, tanto de los taxones como de las fases de yacimientos, observada desde las regiones y los periodos cronológicos

2.6.3 Análisis cuantitativos observados por muestras

Un segundo bloque de análisis cuantitativos se ha realizado sobre los datos de las muestras con leguminosas del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C. En este análisis se ha utilizado la frecuencia relativa, ya que como es lógico la propia muestra marca su ubicuidad, no teniendo ese dato en cada una de las muestras.

Del total de 2969 muestras arqueobotánicas con macrorrestos de frutos y semillas, se han identificado algún resto de leguminosas cultivadas en 617, lo que supone el 20,78% del total de las muestras. Sin embargo, en algunas de ellas no se ha identificado ningún taxón concreto, haciendo solo referencia a la familia o a los posibles géneros, reduciéndose el número de muestras con taxones de leguminosas cultivadas a 504, un 16,97% del total. En un gran número de ellas, la presencia de las leguminosas cultivadas es muy escasa, con 254 muestras en las cuales el número de individuos es menor a 5 entre todos los taxones de estas especies y 325 en las cuales no se superan los 10.

Como en los análisis anteriores ya se han reflejado los datos de todos los individuos de los taxones cultivados de leguminosas en el marco geo-cronológico, se ha decidido eliminar las muestras que no aportan prácticamente información relevante y que pueden distorsionar los resultados finales. Como se ha observado en el análisis de correspondencias realizado sobre los taxones de leguminosas en los diferentes yacimientos, el uso de observaciones con muy poca presencia y abundancia de estos taxones genera que se sobrepongan dificultando el análisis y generando distorsiones. Por este motivo se ha decidido seleccionar solo las muestras con más de 35 individuos entre todos los taxones documentados, criterio ya utilizado en los datos por yacimiento. Posteriormente hemos establecido que al menos un taxón de leguminosa cultivada llegue al 10% de frecuencia relativa para que tenga cierta presencia dentro de la muestra. En total se han seleccionado 96 muestras que cumplan con estos requisitos, representado el 3,23% de las muestras totales.

Regionalmente se distribuyen 24 en el Sureste, 5 en la región central, 22 en el Noreste y 45 en la región del norte. Cronológicamente su distribución es la siguiente: en el primer periodo (2200-1300 a.C.) se sitúan 24 muestras; en el segundo (1300-750 a.C.) 7; en el tercero (750-500 a.C.) 13 y finalmente en el cuarto 52 (fig. 2.30). Hay que señalar la falta de muestras con un 10% de leguminosas en las regiones al norte del Ebro durante el primer periodo, hecho que puede estar indicándonos una menor importancia de estas especies durante esta cronología en estas regiones. Durante el segundo y tercer periodo sí que hay este tipo de muestras al norte del Ebro, sin embargo, no se han identificado al sur, por último, en el cuarto periodo hay en todas las regiones de este estudio.

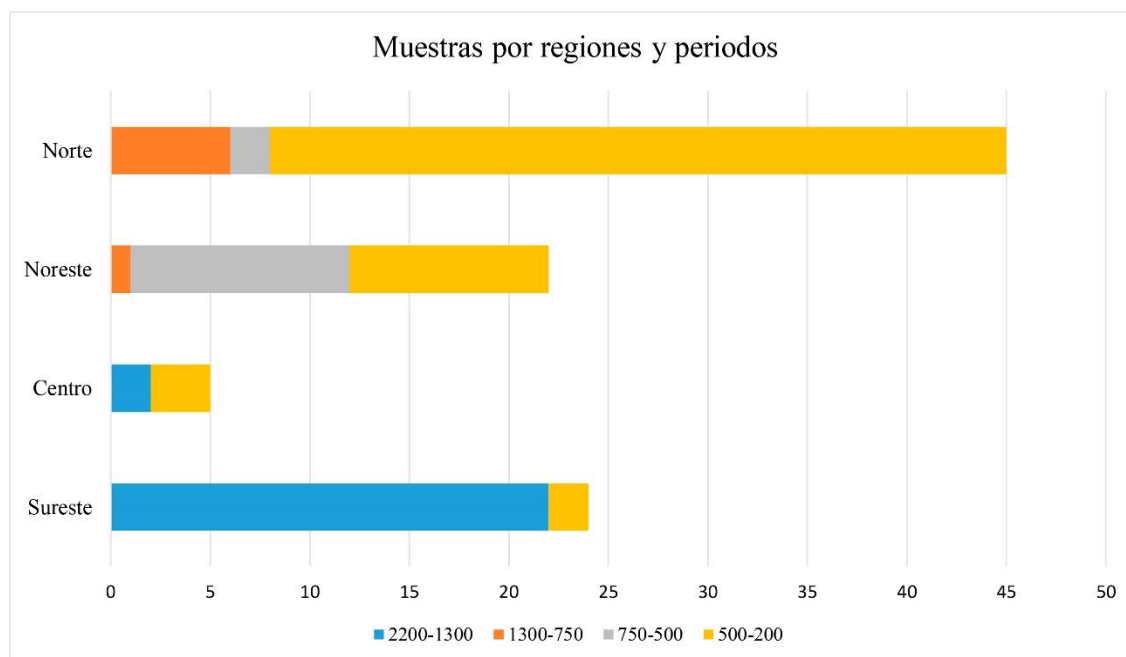


Figura 2.30: Número de muestras con más de un 10% de individuos dentro de un taxón de leguminosa cultivada por regiones y periodos

Hay cuatro yacimientos que registran un alto número de muestras, hecho que puede influir en la distribución regional y cronológica. La Monédière tiene 15 muestras con una presencia relevante de leguminosas cultivadas, seguido de Font de la Canya con 14, Eras del Alcázar con 11, mismas muestras que Lattara. Un dato que se ha tenido en cuenta es que estas muestras representan en torno a la mitad de sus regiones, siendo el área valencia la única sin un yacimiento con un alto número de muestras.

Sobre el tipo de estructura en las cuales se localizaron estas muestras, 55 procedían de estructuras habitacionales, 18 de silos, 4 de fosas, 1 de cueva, 1 de una fosa o silo, 1 de una puerta defensiva y 16 de muestras donde no se consiguió recoger esa información. Sobre el contexto arqueológico, 32 procedieron de niveles de uso de contextos de habitad o cueva, 26 de rellenos de estructuras, 12 de derrumbes, 5 de hogares, 3 de un recipiente cerámico, 1 de un depósito sedimentado naturalmente y 17 de los cuales no se obtuvo esa información (fig. 2.31).

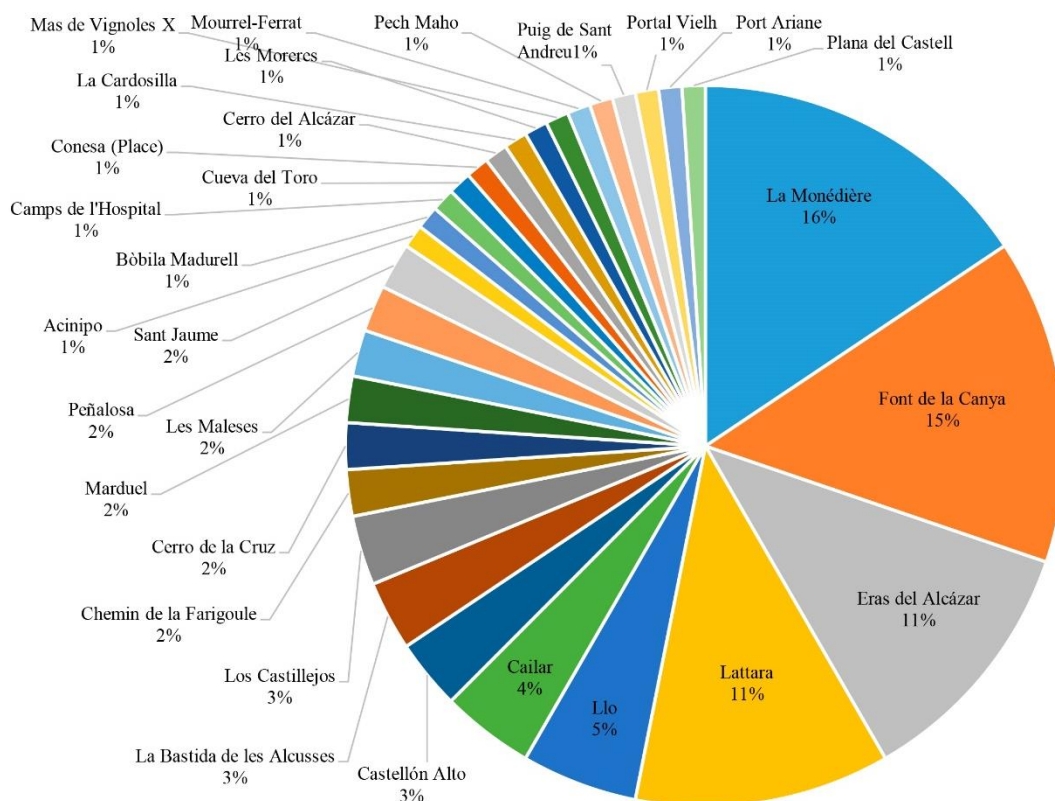


Figura 2.31: Porcentaje de la distribución de las 96 muestras donde al menos un 10% de los individuos totales pertenecen a una especie de leguminosa por yacimiento

2.6.3.1 Comparaciones de la frecuencia relativa y la ubicuidad

Al observar los totales que existen en estas muestras, las leguminosas pierden pocos individuos mientras que, en los cereales, frutales y otras especies cultivadas su descenso es bastante marcado. Este hecho es lógico al eliminar las muestras en las cuales no había leguminosas o estas son muy escasas. Aunque destacan los altos individuos de trigo farro, lentejas y trigo desnudo, todos ellos proceden de las unidades estratigráficas 1054 y 1055 de Font de la Canya (Avinyonet del Penedés, Barcelona), por lo que la abundancia de estos taxones no es tan alta como parece en los resultados globales. Por este motivo es más interesante centrar el análisis general de las muestras con una presencia significativa de leguminosas cultivadas en la ubicuidad que en la frecuencia relativa.

Los cereales con mayor ubicuidad en estas muestras con presencia relevante de leguminosas son principalmente la cebada vestida con un 72,9% y el trigo desnudo (68,7%). En menor porcentaje aparecen el trigo farro (37,5%), el mijo (22,9%), la cebada desnuda (17,7%), la escaña menor (15,6%), el trigo desnudo compacto (14,6%) y el panizo (11,5%). Del resto de plantas cultivadas solo la uva (35,4%) y el higo (12,5%) aparecen en más del 10% de las muestras. Estos valores son muy similares a los obtenidos

en el cómputo general de todas las muestras, salvo por una ligera mayor ubicuidad de la cebada vestida y la escaña menor sobre el panizo (tabla 2.10).

Taxón	Frec. Relativa	Ubicuidad
<i>Hordeum vulgare vulgare</i>	3.58	72.92
<i>Hordeum vulgare nudum</i>	0.32	17.71
<i>Triticum aestivum/durum</i>	9.07	68.75
<i>Triticum a/d compactum</i>	0.22	14.58
<i>Triticum dicoccum</i>	35.16	37.50
<i>Triticum monoccocum</i>	0.33	15.63
<i>Panicum miliaceum</i>	0.07	22.92
<i>Setaria Italica</i>	0.06	11.46
<i>Avena sativa</i>	0.01	1.04
<i>cf. Secale cereale</i>	0.00	1.04
<i>Fabaceae</i>	0.29	29.17
<i>Lathyrus sativus/cicera</i>	8.09	53.13
<i>Lens culinaris</i>	32.81	34.38
<i>Pisum sativum</i>	4.08	36.46
<i>Vicia ervilia</i>	1.78	21.88
<i>Vicia faba minor</i>	3.38	51.04
<i>Vicia sativa</i>	0.47	9.38
<i>Medicago sativa</i>	0.00	1.04
<i>Cicer aretium</i>	0.00	2.08
<i>Capparis spinosa</i>	0.00	1.04
<i>Corylus avellana</i>	0.00	3.13
<i>Ficus carica</i>	0.07	12.50
<i>Olea europaea</i>	0.00	1.04
<i>Pistacia lentiscus</i>	0.00	1.04
<i>Prunus dulcis</i>	0.00	1.04
<i>Quercus sp.</i>	0.05	6.25
<i>Rubus fruticosus</i>	0.00	2.08
<i>Vitis vinifera</i>	0.10	35.42
<i>Linum usitatissimum</i>	0.04	5.21
<i>Stipa sp. rizomas</i>	0.01	1.04
<i>Papaver somniferum</i>	0.00	1.04
<i>Camelina sativa</i>	0.00	1.04
Total	196821	100

Tabla 2.10: Valores de la frecuencia relativa de todos los taxones cultivados en las muestras con más de un 10% de individuos en algún taxón de leguminosa cultivada. También se representa la ubicuidad de cada taxón sobre el total de las muestras seleccionadas

Entre las leguminosas, los taxones más frecuentes son las almortas (53,1%) y las habas (51%). Con ubicuidades algo menores se encuentran los guisantes (36,4%), las lentejas (34,4%) y ya con menos presencia aparecen los yeros (21,9%) y las vezas (9,4%); teniendo los garbanzos (2,1%) y la alfalfa (1,04%) una presencia marginal. Las ubicuidades se sitúan más o menos en el mismo orden, salvo el caso de las lentejas, que pasa de ser el taxón de leguminosa más presente a un tercer puesto en las muestras con

una presencia relevante de leguminosas cultivadas (fig. 2.32). Esta especie es la que aparece en más ocasiones, pero con pocos individuos, curiosamente es la leguminosa que más resiste a las altas temperaturas, hecho que podría estar relacionado, pero que se analizará más adelante.

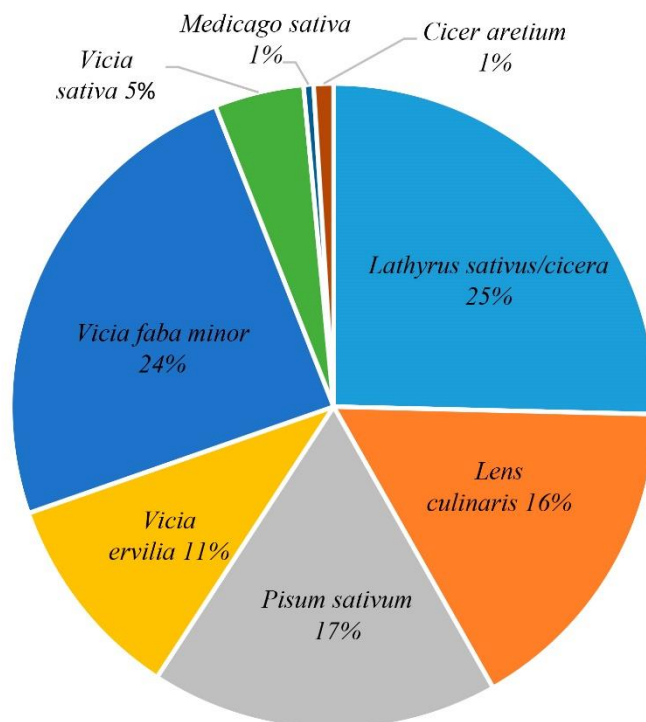


Figura 2.32: Porcentaje de los taxones de leguminosas según el total de presencias totales

2.6.3.2 Análisis de correspondencia

A diferencia de los análisis de este tipo realizados anteriormente, en este caso se ha aplicado directamente sobre los datos de la frecuencia relativa transformados en una escala ordinal como se indicaba anteriormente, convirtiéndolos en el índice de abundancia. Al tratarse de muestras, no se tiene en cuenta la ubicuidad ya que solo el hecho de que un taxón esté o no presente nos indica este dato. Para realizar el análisis se han tenido en cuenta los taxones de leguminosas cultivadas con una ubicuidad mayor al 10% o cercana a este (como el caso de las vezas), utilizándose los taxones más representativos de los otros grupos de especies cultivadas como datos complementarios. En un primer momento se utilizaron todos los taxones que estuviesen presentes en más del 10% de las muestras seleccionadas. Sin embargo, debido a la gran similitud obtenida entre la distribución de los taxones obtenidos con todos los taxones con la distribución obtenida al utilizar solo los de leguminosas cultivadas, se decidió rechazar el primero; ya que su inercia acumulada fue menor a un 35% (fig. 2.33).

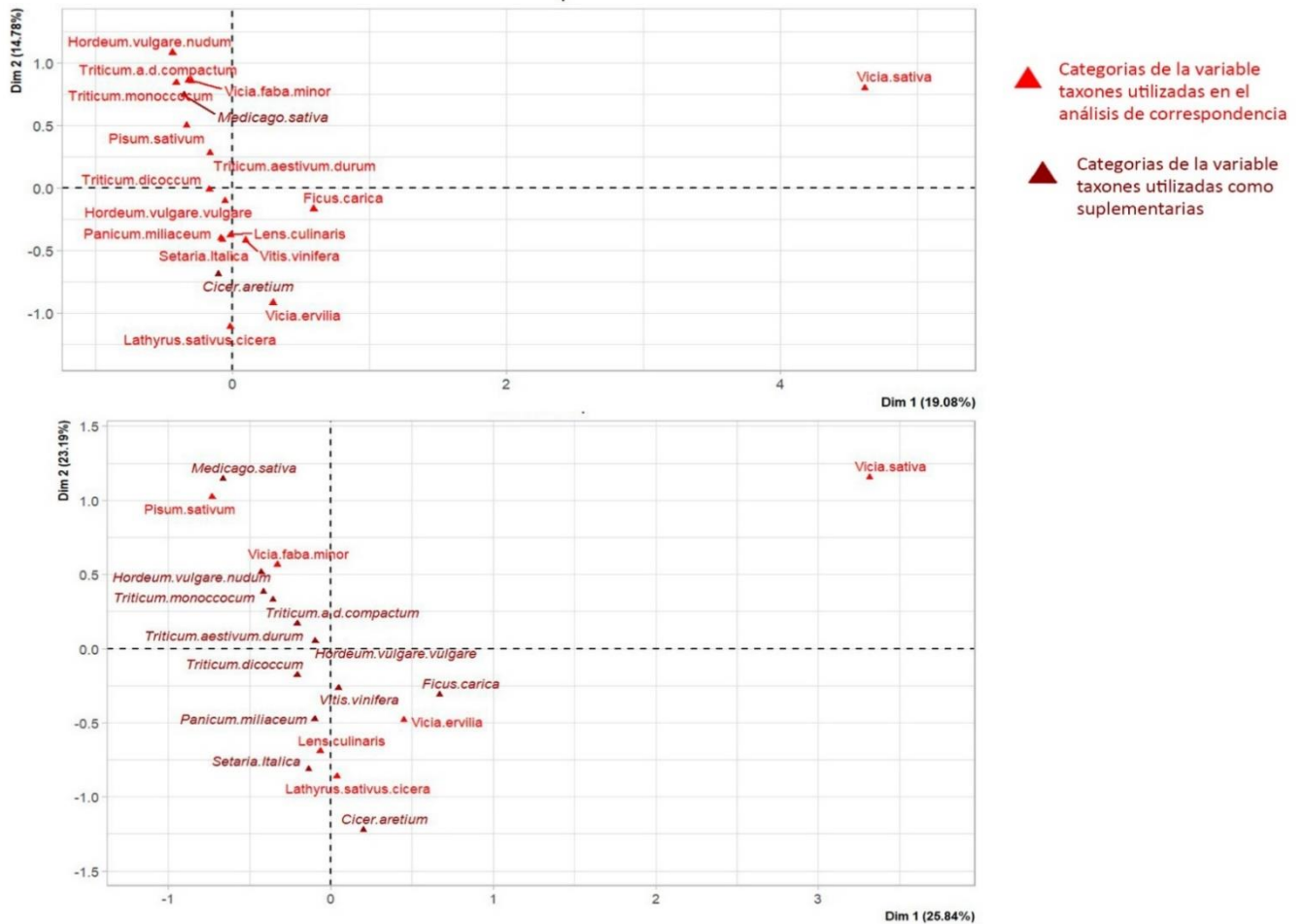


Figura 2.33: Representación dentro del primer plan factorial. En la imagen superior se muestra la dispersión obtenida al realizarse sobre todos los taxones con un índice de abundancia superior al 10%. En la imagen inferior el realizado sobre los taxones de leguminosas marcados en color rojo

Los resultados del análisis aportan una inercia acumulada en las dos primeras dimensiones del 49%, superior al 40% mínimo establecido para considerar apropiados los gráficos obtenidos (Antolín, 2016; Jacomet, 2009; van der Veen, 2007).

Al analizar la distribución de los taxones se observa como las agrupaciones realizadas sobre el cómputo general de los datos vistos por yacimientos se acentúa. Se observa una mayor relación entre habas y guisantes, ambos taxones situados en el cuadrante de x negativo e y positivo, con una relativa cercanía entre ellos. Por un lado, las lentejas almortas y yeros se encuentran próximos entre ellos en los cuadrantes negativos de y, muy cercanos a valores de 0 en el eje x en el caso de los dos primeros y algo más positivos en los yeros. Por último y a gran distancia del resto de taxones se encuentran las vezas,

hecho que se explica por las concentraciones existentes de esta especie, ya que sus individuos suelen aparecer en concentraciones en las que prácticamente solo hay esta leguminosa, creando esta separación en el análisis de correspondencia.

Los taxones de los cereales utilizados como información complementaria tienden a una distribución similar a la observada en el análisis por yacimientos, destacando la relación de los cereales de primavera con las lentejas y las almortas, mientras que el trigo desnudo es el cereal más cercano a las habas y los guisantes. La cebada vestida se encuentra en una posición intermedia entre estos dos grupos de leguminosas, con un valor medio cercano al punto medio; mientras que el farro tiende a acercarse algo más a las lentejas y las almortas que los dos taxones anteriores. La uva y los higos se encuentran próximos de los yerros y las lentejas y algo menos de las almortas; mientras que su relación con las habas y los guisantes son menores. Por último, los dos taxones utilizados como datos complementarios debido a sus valores marginales se encuentran en el extremo del cuadrante de x negativo e y positivo en el caso de la alfalfa, relacionado especialmente con los guisantes; mientras que los garbanzos tienen valores de y negativos bastante altos y de x positivos pero cercanos a cero, situándose cerca de las almortas (fig. 2.34).

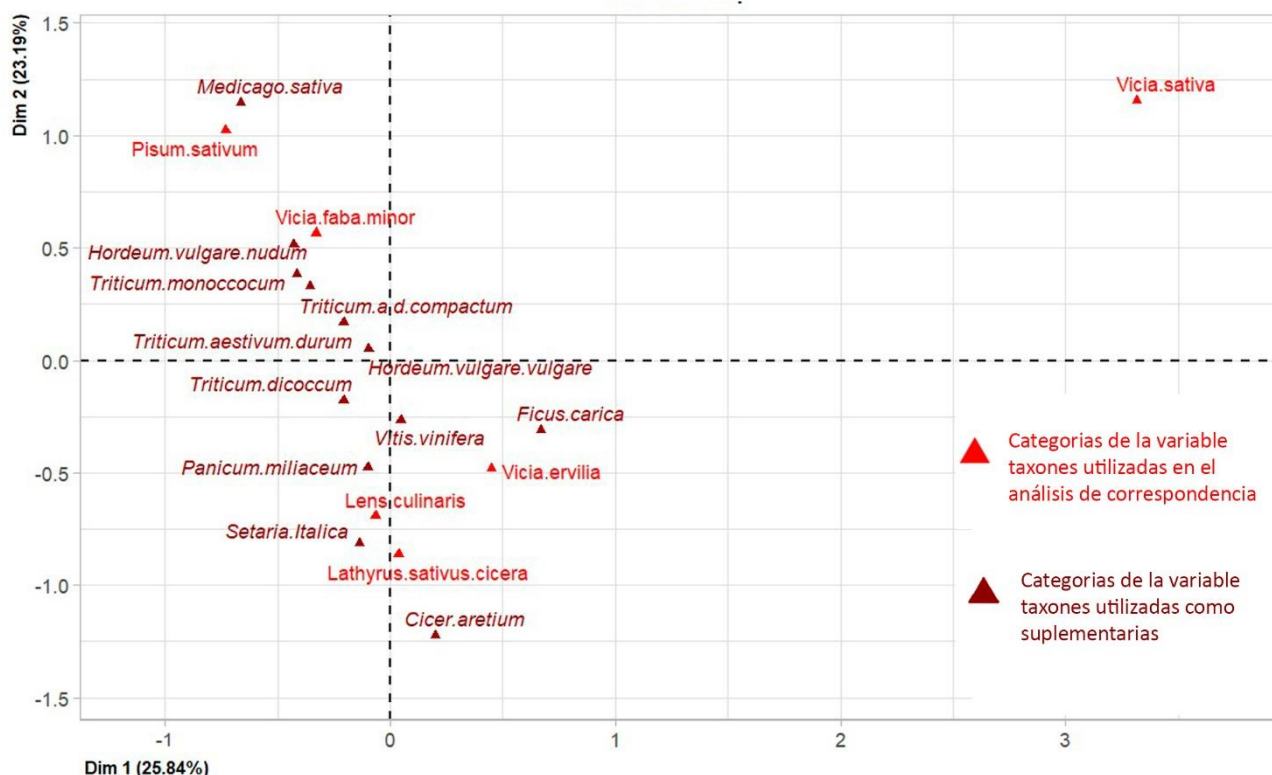


Figura 2.34: Representación dentro del primer plan factorial. Se muestra la dispersión de los taxones según el análisis de correspondencia realizado sobre los taxones de leguminosas cultivadas (en color rojo) el resto de taxones (color marrón) se ha utilizado como información suplementaria

Las muestras procedentes del Sureste, se localizan esencialmente en el cuadrante de x negativo e y positivo, vinculadas a las habas y los guisantes, aunque hay dos que se sitúan cerca de los yeros, pero equidistante de los tres grupos de leguminosas observados. Con esta dispersión se observa de nuevo la escasa presencia de las almortas, lentejas y vezas en la región. El área central destaca por la presencia de vezas, situándose tres muestras entorno a este taxón, ya que representan a las concentraciones de esta especie en la Bastida de les Alcusses (Pérez-Jordà, 2013). Las otras dos muestras de esta región se encuentran muy cercanas al taxón de las habas, aunque debido a la acumulación de muestras en esta parte del gráfico no se distinguen con claridad. Son las procedentes de les Moreres (Pérez-Jordà, 2013) y la Cardosilla (Hopf, 1972). Los datos confirman la menor fuerza de las leguminosas en esta región, ya que existen estudios numerosos estudios arqueobotánicos en la región, por lo que su ausencia no se debe a la falta de datos.

La mayoría de las muestras del Noreste, se encuentran en el cuadrante doble negativo, por lo que su relación con las lentejas y las habas es muy estrecha. Tres muestras tienen valores de x positivos altos y dos de ellas también del eje y, acercándose hacia las vezas, también presentes en esta región, también hay alguna muestra con presencia de habas y guisantes, aunque en menor medida. Estos datos reafirman la mayor importancia de las lentejas y almortas en esta región, aunque las habas los guisantes están presentes, pero en menor grado que en el Sureste; mientras que también hay muestras con presencia de yeros y vezas (fig. 2.35).

Por último, las muestras de la región del norte se encuentran diseminadas por las áreas del gráfico donde se encuentran lentejas, almortas y yeros; aunque también hay un gran número de muestras del norte en el área de las habas y los guisantes; sin embargo, parece que las vezas no tienen gran fuerza en esta región. Es general se aprecia los datos ya observados, de una alta presencia de lentejas, almortas y yeros en la región a la vez que continúa existiendo una alta presencia de habas y guisantes, aunque algo menor que en los taxones anteriores.

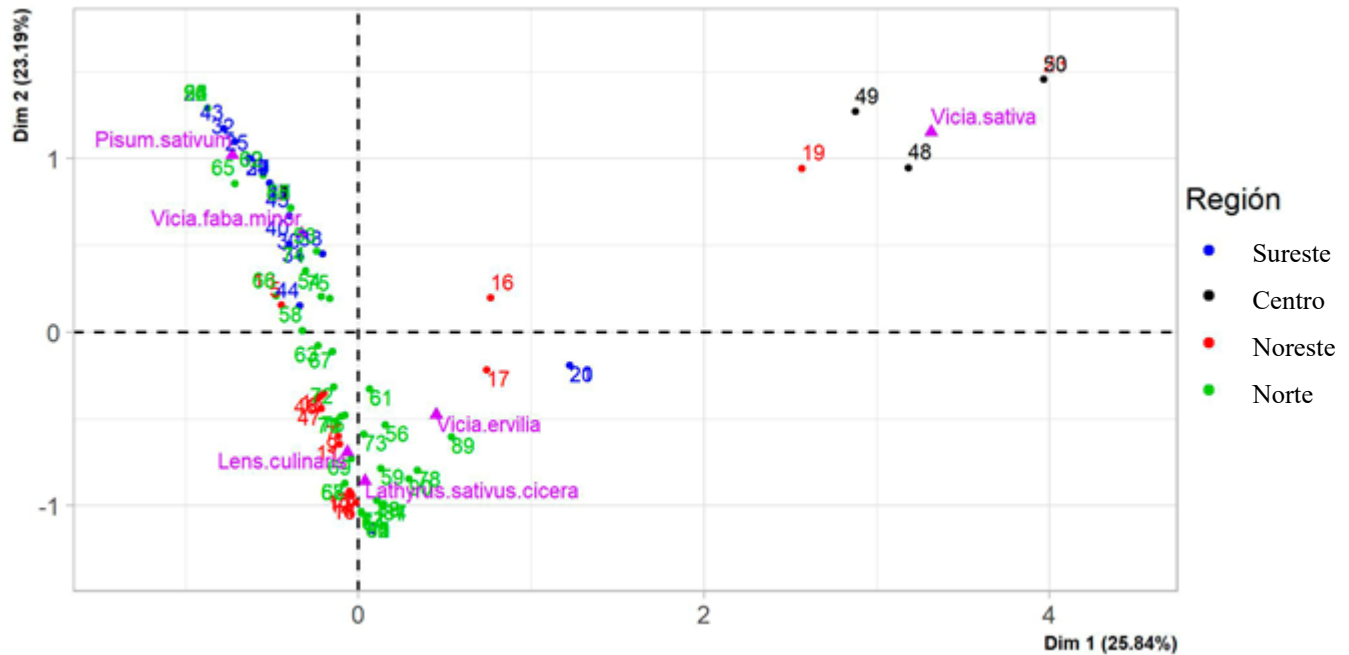


Figura 2.35: Representación dentro del primer plan factorial. Se muestra la dispersión de las muestras según el análisis realizado con la información de los taxones marcados (color morado). El resto de colores se corresponden a las regiones de las cuales proceden las muestras

2.6.3.2.1 Cronología

Si se comparan las muestras por periodos cronológicos se observa como todas las que tienen una cronología dentro del primer periodo (2200-1300 a.C.) se encuentran en el recuadro de x negativo e y positivo, con mayor relación con las habas y los guisantes. Durante el segundo periodo (1300-750) las muestras continúan en este recuadro, salvo el caso de la Plana del Castell (Cerdanyola, Barcelona), en la cual se identificó una concentración de vezas (Guàrdia & Francés, 2017). Durante el tercer periodo (750-500 a.C.), se observa una concentración de las muestras en el recuadro doble negativo, vinculadas a las almortas y las lentejas, con alguna presencia de habas y yeros, mientras que los guisantes y especialmente las vezas tienen poca importancia. Por último, en el cuarto periodo (500-200 a.C.) la mayoría de muestras se sitúan en el eje negativo de y a ambos lados del eje x, con una amplia relación con las almortas, los yeros y las lentejas. Sin embargo, una serie de yacimientos se desplaza hacia el área predominada por las habas y los guisantes a la vez que tres muestras, procedentes de la Bastida de les Alcuses, se localizan en el área de las vezas. Estos resultados cronológicos resumen los datos observados anteriormente, aclarando las tendencias observadas en las cuales en el primer periodo se produce un dominio de las habas y los guisantes, mientras que en el segundo estos taxones continúan siendo los más abundantes aunque comienzan a encontrarse otro

tipo de leguminosas, En el tercero se produce un cambio drástico hacia el predominio de las almortas y las lentejas, mientras que el cuarto periodo, continua este predominio pero también con un aumento de la presencia de las habas y los guisantes en comparación con el tercero (fig. 2.36).

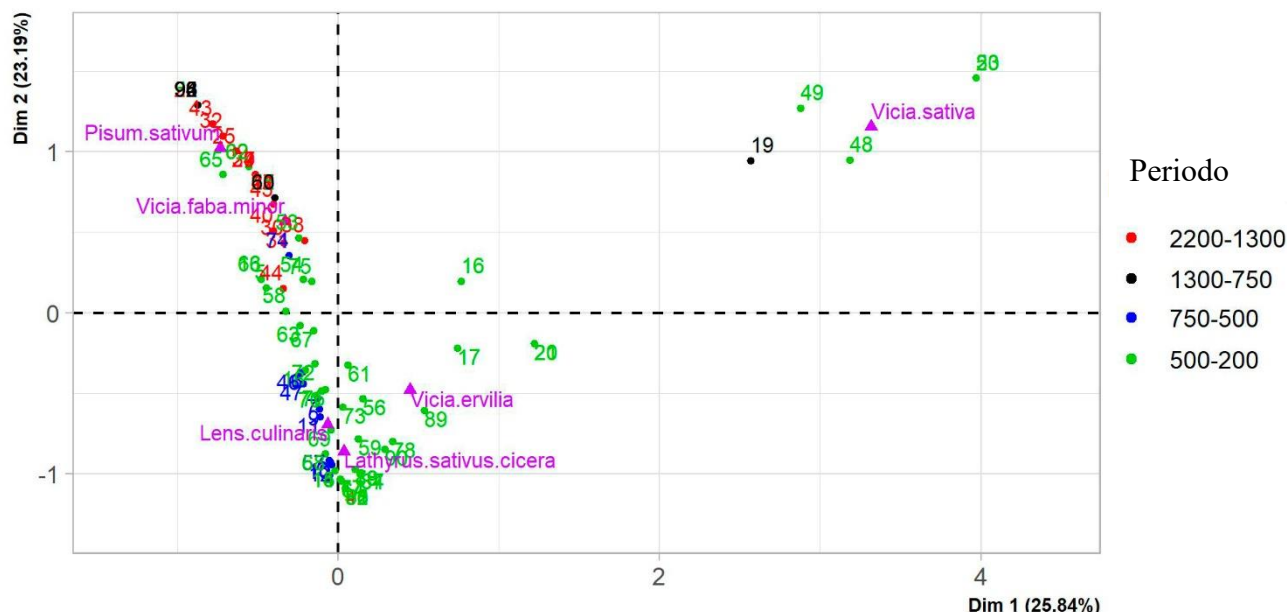


Figura 2.36: Representación dentro del primer plan factorial. Se muestra la dispersión de las muestras según el análisis realizado con la información de los taxones marcados (color morado). El resto de colores se corresponden a los periodos cronológicos de los cuales proceden las muestras

2.6.3.3 Relación de las leguminosas con las plantas adventicias

Para analizar las relaciones de las leguminosas con los taxones adventicios se han seleccionado aquellas cuyo porcentaje total de leguminosas supere un 30% de frecuencia relativa. Esta selección se ha realizado en un primer momento sobre todos los tipos de contextos, obteniendo 69, de las cuales la UE 1007 de Sant Jaume de mas d'en Serra (Alcanar, Tarragona), se ha incluido por su interés específico a pesar de tener solo un 25,9% de leguminosas (López et al., 2011). Hemos establecido este criterio para evitar analizar las muestras con poca presencia de leguminosas, ya que los taxones silvestres presentes en estos casos están relacionados con los taxones dominantes.

Como ya se ha señalado anteriormente, en un primer momento se recopiló toda la información sobre los taxones silvestres de las publicaciones con información sobre frutos y semillas del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C. Sin embargo, únicamente se ha decidido utilizar esta información en estas muestras ya que en el resto la presencia de leguminosas no es significativamente alta como para considerarse cultivos ya sean independientes o mixto, centrando este estudio en estas muestras seleccionadas.

El interés de este apartado es observar que tipo de taxones silvestres se relacionan con las muestras que pueden reflejar algún tipo de cultivo de leguminosas y que información pueden aportar sobre su forma de cultivo y cosecha. Siempre teniendo en cuenta que, al no ser muestras cerradas, las muestras analizadas no tienen por qué ser cultivos, sino que probablemente se deban a acumulaciones sucedidas por los diferentes procesos posteriores.

La presencia de taxones de especies adventicias en estas muestras es relativamente escasa, no registrándose ningún individuo en 26 de las 69 muestras (37,7%), mientras que, de las 43 muestras restantes, 20 tienen menos de 10 individuos en cada una de ellas. Si se observan las 35 muestras con más de un 75% de leguminosas, la presencia de taxones silvestres es ligeramente menor, con presencia de algún individuo en 17 de ellas (48,6%), y solo en 10 muestras se han registrado más de 10 individuos de estos taxones, suponiendo un 28,6% del total.

Taxón	Individuos	Frec. Relativa
<i>Lolium perenne/rigidum</i>	517	28.74
<i>Lolium sp.</i>	224	12.45
<i>Silene sp.</i>	187	10.39
<i>Asperula sp.</i>	136	7.56
<i>Lolium temulentum</i>	123	6.84
<i>Poaceae</i>	120	6.67
<i>Asperula arvensis</i>	57	3.17
<i>Galium sp.</i>	52	2.89
<i>Lithospermum arvense</i>	35	1.95
<i>Avena sp.</i>	33	1.83
<i>Silene gallica</i>	32	1.78
<i>Chenopodium album</i>	31	1.72
<i>Lolium remontum</i>	30	1.67
<i>Lolium multiflorum</i>	28	1.56
<i>Phalaris sp.</i>	16	0.89
<i>Phalaris arundinacea</i>	16	0.89
<i>Lolium/Festuca</i>	15	0.83
<i>Medicago sp.</i>	14	0.78
<i>Fallopia convolvulus</i>	13	0.72
<i>Verbascum sp.</i>	13	0.72
<i>Asperula/Galium</i>	10	0.56

Taxón	Presencias	Ubicuidad
<i>Lolium sp.</i>	18	41.86
<i>Avena sp.</i>	14	32.56
<i>Lolium temulentum</i>	13	30.23
<i>Lolium perenne/rigidum</i>	11	25.58
<i>Poaceae</i>	11	25.58
<i>Silene sp.</i>	9	20.93
<i>Asperula sp.</i>	8	18.60
<i>Chenopodium album</i>	6	13.95
<i>Galium sp.</i>	6	13.95
<i>Galium aparine</i>	5	11.63
<i>Lithospermum arvense</i>	5	11.63
<i>Asperula arvensis</i>	4	9.30
<i>Fallopia convolvulus</i>	4	9.30
<i>Medicago sp.</i>	4	9.30
<i>Phalaris sp.</i>	4	9.30
<i>Trifolium sp.</i>	4	9.30
<i>Lolium multiflorum</i>	3	6.98
<i>Malva sp.</i>	3	6.98
<i>Polygonum aviculare</i>	3	6.98

Tabla 2.11: Taxones silvestres identificados en las muestras con más de un 30% de los individuos clasificados en los taxones de leguminosas cultivadas. Izq.: Principales taxones ordenados por la frecuencia relativa sobre el total de individuos de taxones silvestres. Dcha.: Principales taxones de especies silvestres según la ubicuidad dentro de las muestras seleccionadas

Con tan pocos datos de taxones silvestres en estas muestras no se ha realizado ningún análisis de correspondencia, tampoco se han agrupado los taxones silvestres según la fitosociología, autoecología y atributos funcionales ya que la escasez de datos no permite hacer análisis cuantitativos. Estos datos se aportan en la descripción de los taxones silvestres más presentes en estas muestras además de utilizarse en la discusión de la investigación, siguiendo los criterios establecidos en trabajos anteriores (Bouby, 2014; Pinaud-Querrac'h, 2021).

Los taxones con una mayor frecuencia relativa son la ballica/vallico (*Lolium perenne/rigidum*), con un 28,7%, el taxón general de este género (*Lolium sp.*) con un 12,5%, el taxón del género *Silene sp.* (10,4%), el género *Asperula sp.* (7,6%), la cizaña (*Lolium temulentum*) con una frecuencia relativa del 6,8% y las *Poaceae* con un 6,7; siendo el último taxón en tener más de 100 individuos. Los taxones con mayor ubicuidad más o menos son los ya señalados además del género de la avena (*Avena sp.*).

Como se observa además de la poca abundancia de los taxones silvestres en las muestras con más leguminosas cultivadas, no se ha podido establecer el nivel de especie. También en su mayoría están relacionados con especies ruderales, adventicias relacionadas con cultivos de invierno y de primavera. Las especies procedentes de entornos húmedos no son muy frecuentes en esas muestras. La ballica/vallico es un caso curioso ya que, a pesar de ser el taxón más numeroso, casi todos los individuos se localizan en las muestras de Llo, un yacimiento situado en el Pirineo, donde abundan los pastos, y en Chemin de la Farigoule, yacimiento situado al lado de Montpellier.

En las muestras con una frecuencia relativa de los taxones de leguminosas cultivadas de 75% o más; la distribución de los taxones silvestres varía ligeramente, perdiendo fuerza los taxones del género *Lolium*, con un aumento del género *Silene sp.*, *Asperula sp.* y en menor medida *Galium sp.* Aunque no hay prácticamente datos, el descenso de la cizaña y el ligero aumento en estas muestras de la *Asperula sp.*, podría ser una evidencia de una siembra de leguminosas en primavera cuando no están mezcladas con cereales; mientras que las mezclas entre leguminosas y cereales de invierno, tienen que sembrarse antes debido a las necesidades de estas últimas especies. Sin embargo, la poca presencia de taxones silvestres hace que sea simplemente una sutil observación.

La falta de especies silvestres asociadas a leguminosas, especialmente cuando estas aparecen como posibles cultivos independientes, podrían sugerir la cosecha de las vainas de leguminosas a mano, hecho observado en la etnografía. Aunque, por otro lado, el mayor tamaño de las leguminosas frente a los cereales y las especies silvestres podría mejorar su cribado, teniendo menos semillas silvestres en estas muestras que en las que hay cultivos de cereales. Estas cuestiones se tratan en más profundidad en la discusión.

2.6.3.4 Concentraciones de leguminosas

En un último análisis se han tenido en cuenta las muestras donde las leguminosas representan más de un 75% del total de los individuos, a pesar de que algunos contextos no son muestras cerradas y otros podrían serlo o no, se ha decidido analizar las 35 muestras al no ser un alto número, observan su composición, cronología y área geográfica (ver Anexo VII).

En el primer periodo se han registrado 7 concentraciones, 5 de la región del Sureste y 2 del área central. Entre las primeras, 4 provienen de Eras del Alcázar y 1 de Peñalosa. Las de Eras del Alcázar provienen de contextos de niveles de uso, pudiendo ser muestras cerradas. Dos de ellas están compuestas por habas en prácticamente su totalidad, otra tiene un 78% de habas y un 21% de trigo desnudo. La cuarta está compuesta por un 68% de habas, un 16% de guisantes y un 14% de trigo desnudo, sin embargo, ninguna presenta resto de taxones adventicios. La otra muestra de esta región procede de Peñalosa, compuesta en un 81% por cereales y un 18,3% de cebada, como taxón silvestre se identificó una semilla de *Asperula sp.* Las concentraciones del área central están en ambos casos compuestas al 100% de habas, sin ningún otro tipo de taxón. En el caso de la Cardosilla se desconoce el contexto, mientras que en Les Moreres proceden de un nivel de uso.

Durante el segundo periodo también hay 4 concentraciones, tres procedentes del yacimiento de Llo, en la región Norte y 1 de la Plana del Castell en el Noreste. Las tres primeras proceden de hogares y están compuestas principalmente por guisantes, aunque hay una pequeña presencia de cebada vestida en todas ellas. En este caso sí aparecen taxones silvestres asociados, destacando una muestra con 54 semillas de ballico o vallico, y 10 de asperilla (*Asperula arvensis*) y de otros taxones como mijo del sol (*Lithospermum arvense*). Este último taxón también destaca en otra de estas muestras, identificados solamente a nivel de género. La muestra del Noreste está compuesta especialmente por vezas, aunque también hay alguna lenteja y habas con muy pocos individuos, mientras que un 7% de los restos fueron de cebadas vestidas. Esta muestra procede de un contexto de relleno al localizarse en un silo, por lo que la mezcla no es una muestra cerrada. La presencia de las vezas podría proceder de algún tipo de recolección ya que no hay evidencias de vezas cultivadas en esta cronología en el resto de marco geográfico.

En el tercer periodo cronológico únicamente se han identificado dos concentraciones procedentes del Noreste. Una de ellas se sitúa en un contexto de relleno en un silo de Font de la Canya, mientras que la otra se trata de un derrumbe procedente de Sant Jaume. La primera está compuesta por más de 50.000 individuos, aunque en su mayoría son lentejas, con una pequeña proporción de habas; junto a estas leguminosas se identificaron un 13% de individuos de trigo farro y un 8,8% de trigo desnudo, como taxón silvestre se identificaron dos individuos de azotalenguas (*Galium aparine*), aunque por el contexto la muestra no es cerrada, por lo que probablemente no se deba a ningún cultivo conjunto. En Sant Jaume la muestra procede de un derrumbe asociado a un segundo piso de una estructura interpretada como un posible establo. El taxón principal son las almortas,

mezcladas con guisantes y en menor medida cebada vestida. Este tipo de mezcla y el hecho de que pueda proceder de una estructura de almacenamiento situada en un piso superior podría ser una evidencia de un cultivo conjunto de leguminosas con cereales pensado para el alimento del ganado, como la comuña (Franco Jubete, 1991), en esta muestra no se asociaron taxones silvestres.

Durante el cuarto periodo se han identificado 22 concentraciones de leguminosas, siendo con mucha diferencia el periodo con más muestras de este tipo. Este hecho es lógico ya que como se ha visto anteriormente, durante este periodo aumenta considerablemente la presencia de leguminosas en el Mediterráneo Occidental. Dos se encuentran en la región del Sureste, 1 en el área central, 1 en el Noreste y por último 18 en la región del norte; área donde las leguminosas suelen aparecer más frecuentemente. Las del Sureste, proceden del Cerro de la Cruz, estando compuestas principalmente por yeros y en menor medida vezas; no se identificaron restos de taxones silvestres. El contexto donde se identificaron, en una estructura habitacional asociadas a un molino, se ha interpretado como un posible paso previo a la elaboración de pienso para el ganado (Arnanz, 2000). La muestra del centro procede de la Bastida de les Alcusses y está compuesta principalmente por vezas, especie que según los datos podría comienza a cultivarse en este periodo cronológico, ya que comienza a identificarse con altas abundancias en diferentes regiones del marco geográfico. Esta muestra no aparece asociada a taxones silvestres y su contexto también podría hacer referencia a una muestra cerrada al encontrarse en un nivel de uso. La muestra del Noreste procede de Camps de l’Hospital y está compuesta al 100% por vezas, aunque su contexto procede de un silo y es un relleno de esta estructura.

Concentraciones por fase cronológica y región

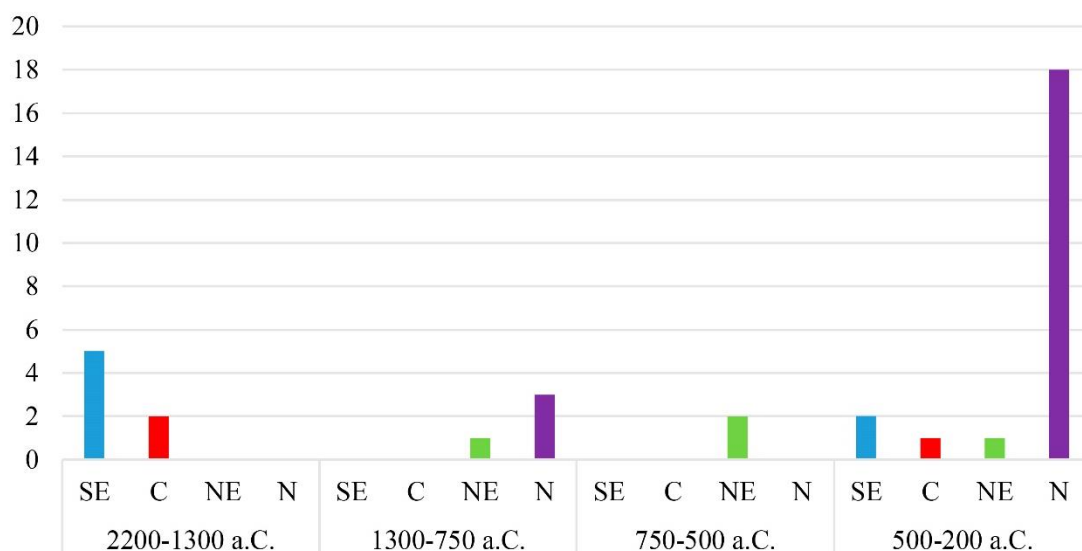


Figura 2.37: Número de concentraciones por periodo y región

Las muestras del Languedoc de este cuarto periodo se dividen principalmente entre la Monédière, con 13 concentraciones, Lattara con 4 y una procedente Mourrel-Ferrat. En el primer yacimiento en 11 de ellas la especie predominante es la almorta, aunque también hay presencias de otras leguminosas en un segundo plano, como los yeros las habas y los guisantes. Prácticamente no hay cereales salvo en una de ellas con un 6% de trigo desnudo, otra con un 5% de panizo y finalmente una tercera con un 5% de cebada vestida. Ocho de estas muestras proceden de niveles de uso, 2 de derrumbes, 2 de rellenos y una sin un contexto claro. Las muestras de Lattara están compuestas al 100% por leguminosas, en concreto por almortas y habas, siendo la primera especie la dominante en todas ellas, aunque con porcentajes que varían entre un 92 y un 58%. Los contextos de los que proceden son de niveles de usos de un grupo de viviendas. Por último, la muestra de Mourrel-Ferrat está compuesta por yeros en su mayoría, su contexto procede de un derrumbe.

2.7 Conclusiones

En el Mediterráneo Occidental se identifican cuatro taxones de leguminosas con más frecuencia relativa y ubicuidad que el resto: las habas, los guisantes, las lentejas y las almortas. En un segundo lugar quedan los yeros y las vezas, mientras que los garbanzos y la alfalfa tienen una representación residual. La presencia de estos taxones no es contante a lo largo del marco cronológico observándose diferencias a lo largo del tiempo, a la par que cada región tiene sus propias peculiaridades, aunque este factor es menos marcado que el anterior.

Durante la primera fase de la edad de Bronce, las habas y los garbanzos tienen un papel principal sobre el resto de leguminosas en las tres regiones con yacimientos en este periodo. Durante el bronce Final, estos taxones continúan siendo los predominantes, sin embargo, en las tres regiones con yacimientos en esta cronología, aumentan significativamente la presencia de lentejas, especialmente en el Noreste, y en menor medida de almortas, yeros y vezas.

En la primera edad del hierro, las lentejas y almortas predominan sobre el resto de leguminosas, situándose las habas y los guisantes en un segundo lugar mientras que los yeros y las vezas se mantienen con la misma presencia que en el periodo anterior. Este hecho no se da en todas las regiones por igual, siendo evidente en las áreas al norte del Ebro, mientras que el Sureste los taxones dominantes son los guisantes y las lentejas, con muy poca presencia de almortas. En el centro esta última especie tampoco tiene casi presencia, destacando las lentejas y las habas.

Durante la segunda edad del Hierro todos los taxones de leguminosas aumentan sus valores, destacando las almortas y las lentejas sobre el resto, quedando los guisantes y las habas en un segundo lugar y los yeros y las vezas en un tercer lugar, mientras que los garbanzos y la alfalfa aparecen con bajos valores. Esta tendencia no es la misma en cada región, destacando en el Sureste los yeros sobre el resto de especies, con los guisantes,

las habas y las vezas con datos muy similares, mientras que no se han identificado lentejas ni almortas. En el centro los taxones dominantes son las almortas y las vezas, con las habas, las lentejas y los guisantes en un segundo lugar. De nuevo en ambas regiones del norte, predominan las almortas y las lentejas, seguidas de los guisantes las habas y los yeros. Estas dos regiones se diferencian en los índices, siendo bastante más altos en la región del Norte.

El garbanzo es una especie que hasta hace muy poco se consideraba que se había introducido en la región durante la primera edad del Hierro a través de los primeros contactos coloniales con el Mediterráneo Oriental, sin embargo un reciente descubrimiento ha identificado esta especie en contextos del V milenio a.C. (Antolín & Schäfer, 2020).

Las leguminosas aparecen relacionadas con otras especies cultivadas, especialmente con los cereales, hecho lógico al ser estas las dominantes en todo el marco geo-cronológico. Algunas especies de leguminosas parecen estar más relacionadas con unos cereales concretos como es el caso de las habas y los guisantes con el trigo desnudo, mientras que las lentejas y las almortas están más relacionadas con los cereales de ciclo corto y en menor medida con el trigo farro. La cebada vestida aparece relacionada de forma más o menos similar con todas estas especies.

La relación de las leguminosas con los taxones silvestres parece no tener una clara evidencia, existiendo pocos datos de estos últimos cuando los primeros abundan. Esta falta de relación es una información en sí misma, pudiéndose interpretar de diferentes formas. Otra relación observada es la similitud entre las especies adventicias de los cereales con las de las leguminosas, no existiendo una diferenciación en este aspecto entre los posibles cultivos de una familia u otra, hecho que es evidente en los estudios agronómicos (Recasens, 2000).

3 Análisis de forma y tamaño de las semillas de leguminosas

3.1 Introducción a la Morfometría Geométrica

En nuestra investigación se han realizado tres estudios en los cuales se han aplicado los análisis de la morfometría geométrica. El primero es un pequeño test metodológico para establecer la efectividad de estos análisis en semillas arqueológicas de leguminosas. El segundo es una experimentación en la cual se han registrado los cambios de tamaño y forma en semillas actuales de leguminosas antes y después de carbonizarse a diferentes temperaturas. Por último, el gran grueso de este estudio es la aplicación de esta técnica en las semillas arqueológicas de leguminosas del Mediterráneo Occidental. El objetivo del test metodológico es establecer si existen diferencias entre los datos obtenidos entre diferentes laboratorios, equipos y si el error humano tanto entre diferentes personas o entre una misma en la colocación de semillas de leguminosas puede llegar a alterar los resultados finales. La carbonización se ha realizado para establecer la mayor o menor resistencia de las leguminosas frente a los cereales a altas temperaturas y comprobar el cambio exacto que tiene cada semilla en cada rango de temperatura y a diferentes condiciones de tiempo y atmósfera. Por otro lado, los datos obtenidos tanto en las semillas antes de la carbonización como posteriormente se han utilizado como muestra de adiestramiento aplicada a las semillas arqueológicas. Por último, el análisis de las semillas arqueológicas ha servido para establecer el porcentaje de acierto predictivo que se puede obtener a través de la morfometría geométrica además de crear una base de datos predictiva con las semillas arqueológicas que no generan dudas taxonómicas que se pueda empelar sobre las semillas con identificaciones dudosas. Por último, también se comprobó si existen diferencias de forma y tamaño entre las diferentes fases cronológicas, regiones geográficas, yacimientos o muestras de una misma especie.

Pero antes de explicar estos estudios se ha realizado una pequeña síntesis descriptiva sobre la morfometría geométrica, resumiendo los conceptos básicos, su desarrollo histórico, su funcionamiento y su aplicación en la arqueología en general y en la arqueobotánica en particular.

3.1.1 Concepto

La morfometría puede definirse como un conjunto más o menos entrelazado de procedimientos, en gran medida estadísticos, para analizar la variabilidad del tamaño y la forma de los órganos y organismos (Reyment, 2010). La morfometría es la parte de la biometría cuyo objetivo es estudiar las variaciones geométricas de las formas de un objeto y sus covariaciones con otro tipo de variables (Cucchi et al., 2015), definiendo en conjunto su forma. Como forma (*form* en inglés), se define al conjunto de las medidas del tamaño (*size*) y la silueta o forma de un objeto (*shape*) (Bonhomme et al., 2014). En la bibliografía en castellano pueden confundirse los términos de forma como conjunto de ambas medidas y forma referida a la silueta ya que para ambos conceptos se utiliza el vocablo forma. En este trabajo, como otros en castellano (Castiñeira et al., 2011a; Gómez Valdés et al., 2007; Toro Ibacache et al., 2010), nos referiremos al concepto inglés *shape* como forma y como forma total (*form*) al resultado obtenido de ambas mediciones.

Con el desarrollo de la morfometría la definición del concepto forma (*shape*) se ha modificado y precisado hasta que en 1977 David G. Kendall la definió como “La forma es toda la información geométrica que permanece cuando los efectos de la localización, la escala y la rotación han sido eliminados de un objeto” (Kendall, 1977). Okumura y Arujo (Okumura & Araujo, 2019) a través de otros autores define el tamaño como el equivalente al "tamaño del centroide", que es la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado de todos los puntos de referencia (landmarks) o coordenadas del contorno al cuadrado de todos los puntos de referencia (landmarks) o coordenadas del contorno al centro de la forma (el centroide). El tamaño del centroide es una medida del tamaño que es matemáticamente independiente de la forma (Zelditch et al., 2004), y no es equivalente a ninguna distancia entre puntos de referencia (Bookstein, 1991). Por último, en algunas ocasiones además de tener las medidas de forma por un lado y de tamaño por otro interesa obtener los datos de ambas medidas juntas, obteniendo la forma total del objeto (*shape and size*, figura 3.1). Este concepto se define como toda la información geométrica que permanece cuando los efectos de localización y rotación han sido eliminados de un objeto (Dryden & Mardia, 2016).

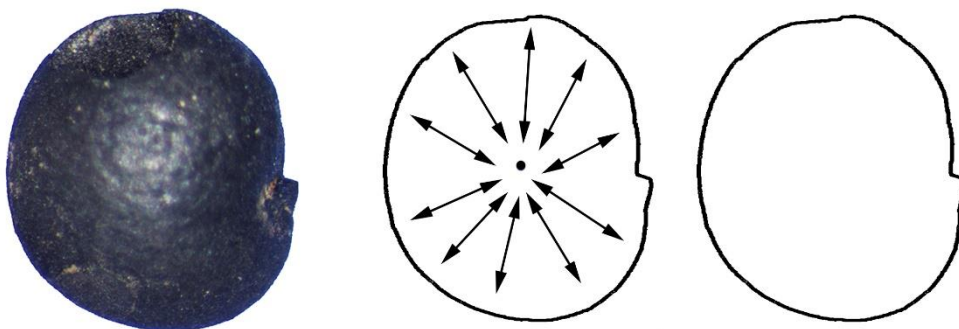


Figura 3.1: Concepto de forma total (*form*) en la imagen de la izquierda. La forma se descompone tanto en el tamaño (*size*), imagen central, entendido como la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado de todas las coordenadas del contorno; y la forma (*shape*), imagen derecha, según las definiciones de tamaño de Okumura y de forma de Kendall

Actualmente se emplea el término de morfometría tradicional para definir los estudios que obtienen las medidas de forma a través de variables de tamaño, aplicando métodos estadísticos multivariante a las medidas de tamaño (longitud, anchura y grosor) además de añadir otras variables relativas como las distancias entre puntos de referencia concretos, ángulos o ratios (Rohlf & Marcus, 1993). Al utilizarse distancias, matrices o ratios, no es posible recuperar la forma original del objeto. Para mejorar la transformación cuantitativa de la forma se realizan métodos de corrección a través del escalamiento multidimensional o los análisis de la distancia Euclidiana (Kent, 1994; Lele & Richtsmeier, 2001). Sin embargo, a estos análisis les falta una visualización eficaz de los resultados analíticos (generalmente interpretados mediante estadísticas de resumen y tablas de coeficientes). Por lo tanto la morfometría tradicional no puede preservar con precisión las posiciones relativas de los puntos de referencia anatómicos entre los que se miden las distancias (Adams et al., 2004; Rohlf & Marcus, 1993), obteniendo datos parciales de la forma que quedan expresados en resúmenes y tablas de coeficientes que no aportan datos exactos. Un problema añadido al extraer las formas a través de este tipo de datos es que algunas medidas (como por ejemplo las longitudinales) se repiten mientras que otras no llegan a estudiarse, obteniendo datos de forma que no coinciden con la realidad (Strauss & Bookstein, 1982).

A pesar de estas limitaciones su uso es muy efectivo si se tienen en cuenta estos factores, por este motivo los análisis morfométricos tradicionales están todavía muy extendidos para calcular las medidas de tamaño de los objetos, aportando muy buenos resultados en diferentes disciplinas como la osteología (Trancho et al., 1997; Trancho et al., 2011), zooarqueología (Arbuckle et al., 2014; Helmer & Gourichon, 2017; Nieto Espinet et al., 2021; Pires et al., 2018) o arqueobotánica (Bouby et al., 2013; Colledge, 2001; Fuller, 2007, 2018; Willcox, 2004) entre otras áreas de estudio (figura 3.2). En ocasiones en lugar del término morfometría tradicional, se utiliza el de morfometría multivariada o univariada, dependiendo del número de variables utilizadas (Dryden & Mardia, 2016; Toro Ibacache et al., 2010)

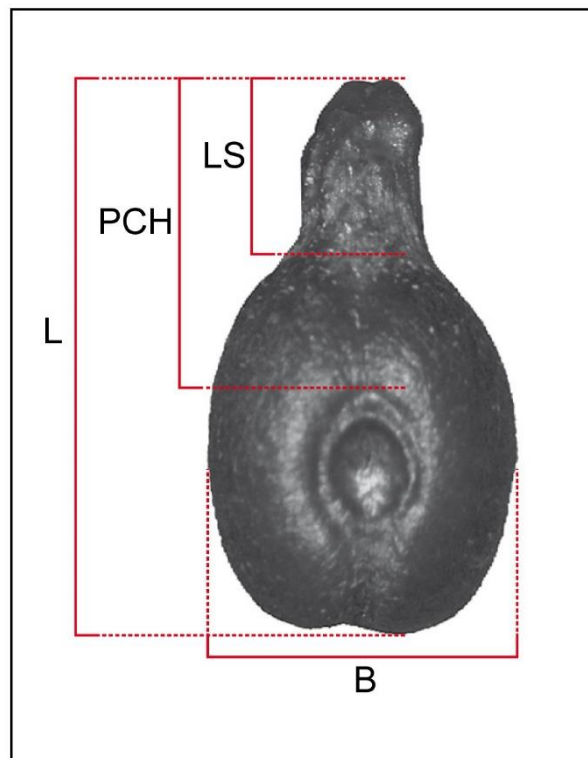


Figura 3.2: Ejemplo de variables y ratios utilizados en la morfometría tradicional. Fuente: Bouby et al. 2018

Para superar estas limitaciones se desarrollaron nuevos métodos morfométricos durante los años 80 y 90, proporcionando nuevas formas de separar el tamaño de la forma y capturar con precisión las relaciones geométricas entre las partes que se miden, visualizándose los resultados analíticos obtenidos mediante diagramas de forma intuitivos. Este enfoque es conocido como morfometría geométrica (Evin et al., 2013), en la literatura morfo-geométrica anglosajona pueden encontrarse los términos *geometric modern morphometric* (abreviado GMM) o *geometric morphometric* (abreviado GM) indistintamente, teniendo ambos el mismo significado. Existen diferentes métodos para aplicar estos análisis, pero la finalidad es la de convertir la forma de un objeto en coordenadas cartesianas en 2 o 3 dimensiones (figura 3.3), posteriormente estas coordenadas se transforman en coeficientes estadísticos, obteniendo datos cuantitativos sobre la forma exacta del objeto de estudio pudiendo comparar diferentes individuos entre ellos.

A diferencia de la morfometría tradicional, la geométrica obtiene los datos exactos de la forma, también se pueden calcular las medidas de tamaño a través de las distancias de las coordenadas cartesianas obtenidas en el análisis de forma. Por lo tanto, la morfometría geométrica adquiere todos los datos de la forma completa (*form*) obteniendo resultados más precisos que la morfometría tradicional. A diferencia de las medidas y los ratios de la morfometría tradicional, las coordenadas de los puntos de referencia (*landmarks*) tienen en cuenta la geometría 2D o 3D de los objetos estudiados y permiten visualizar los

resultados de los análisis estadísticos directamente en términos de diferencias de conformación (Cucchi et al., 2015).

Ambas morfometrías han desarrollado una gran cantidad de análisis estadísticos para estudiar las formas de los objetos, por lo que en ocasiones parece más cercana a la estadística o al álgebra que a la morfología, considerándola una rama del análisis matemático de la forma. Sin embargo la mayoría de investigadores la consideran una rama tanto de la morfología como de la estadística, especialmente cuando los análisis de forma se dirigen a las formas de organismos biológicos y permiten explicar las diferencias de forma que han sido analizadas matemáticamente (Zelditch et al., 2004).

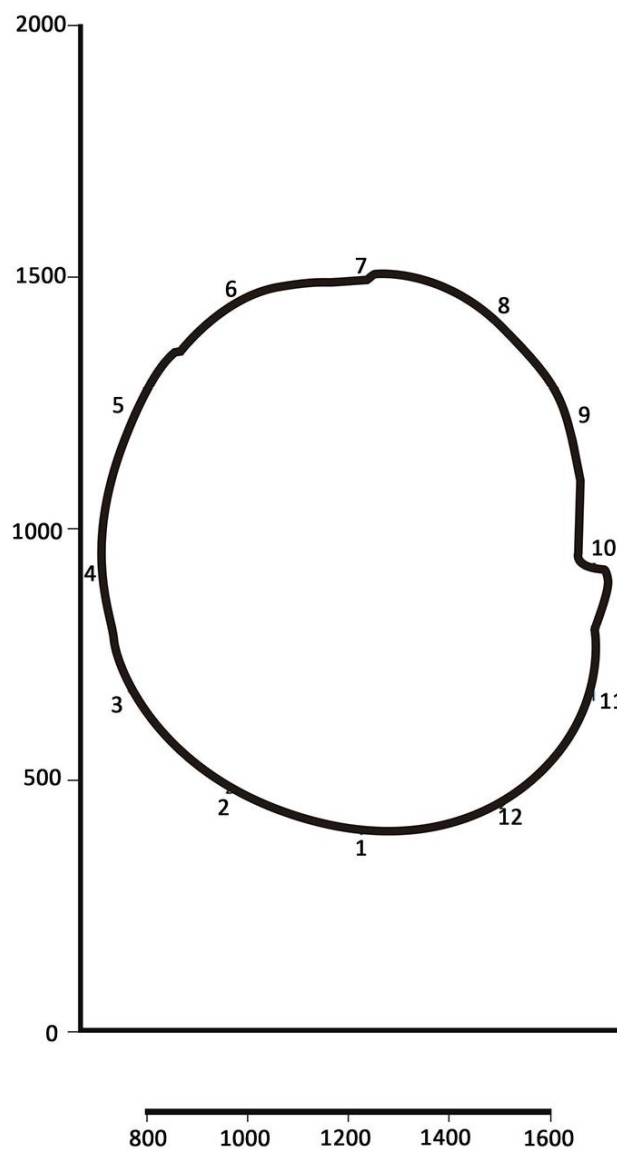


Figura 3.3: Contorno convertido en coordenadas cartesianas a través de la morfometría geométrica

3.1.2 Historia

La biometría como disciplina científica no se puso en práctica en occidente hasta el siglo XIX, considerándose el sistema antropométrico para identificar criminales de Alphonse Bertillon de 1883 como el primer ejemplo (Kaluszynski, 1987). Posteriormente Karl Pearson y Francis Galton crearon los primeros procesos estadísticos para analizar las variaciones de tamaño y forma a través de las medidas de los órganos y organismos biológicos (Cucchi et al., 2015), estableciéndose los criterios de la biometría y la morfometría tradicional con la creación de la revista científica *Biometrika* (1901), destacando la aplicación de la morfometría multivariada que realizó Pearson sobre cráneos humanos (Pearson, 1926). A mediados del siglo XX, a estos estudios de forma y tamaño a través de procedimientos estadísticos se les comienza a denominar por el término de morfometría, publicándose por primer vez en 1957 (Blackith, 1957). Estos trabajos morfométricos (posteriormente denominados tradicionales) desarrollaron análisis estadísticos multivariados cada vez más complejos para intentar obtener el máximo de información sobre la forma total de los objetos (Reyment, 2010).

Desde el comienzo de la disciplina, los morfometristas intentaron establecer diferentes métodos para cuantificar de manera precisa la forma (shape) a través de la morfometría tradicional y otros análisis. Un ejemplo son los trabajos de D'Arcy Thompson quien intentó explicar las variaciones de tamaño y forma de una especie a otra (Thompson, 1917). Para explicar las diferencias dibujaba un patrón de cuadrícula en un objeto y deformaba la malla para que se adaptase a la forma de un segundo objeto (otra especie), con partes biológicas análogas situadas en los cuadrados de la cuadrícula correspondiente (figura 3.4). De esta forma obtenía datos directos sobre la forma a través de estas mallas denominadas cuadrículas de dimensión cartesiana. A pesar de lo innovador de este trabajo, sus resultados no fueron muy buenos ya que se dibujaban a mano y no eran muy precisas. Posteriormente se intentaron recrear estas figuras de forma más objetiva, aportando un enfoque matemático como realizó Medawar (Medawar, 1944), quien modeló el conjunto de las figuras humanas planas de Stratz y utilizó funciones cuadráticas para calcular la deformación de la altura a lo largo de las 6 etapas de la vida de un humano. Sneath (Sneath, 1967) ajustó también funciones cúbicas, pero antes centro giró y reescaló las figuras mediante un análisis idéntico al de Procrustes ordinario. A pesar de la innovación que supuso este análisis de Procrustes, la utilización de mallas da lugar a distorsiones en la periferia de la misma, no obteniendo transformaciones cuantitativas exactas (Dryden & Mardia, 2016).

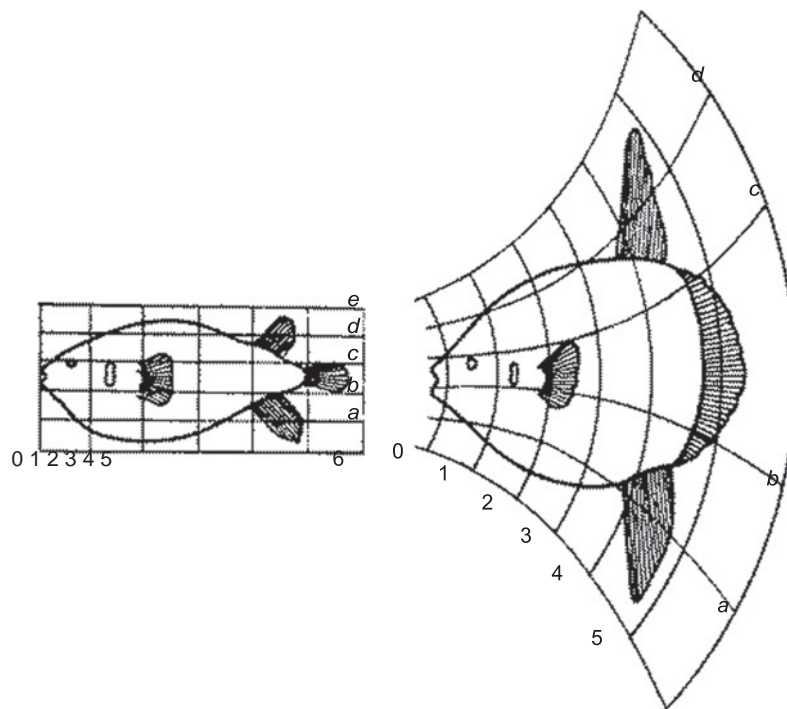


Figura 3.4: Ejemplo de pez globo transformado en otra especie a través de las cuadrículas de Thompson. Fuente Thopson 1917

Durante el siglo XX, las necesidades de cuantificar la forma de diferentes partes biológicas de los biólogos evolucionistas y los antropólogos físicos fue aumentando, desarrollando complejos modelos estadísticos entre ratios y medidas cuantitativas (Slice, 2007). Ya en los años ochenta del siglo XX, con los trabajos de Kendall, Bookstein y Slice entre otros; junto con los desarrollos en el análisis de la forma que permitían trabajar con las coordenadas de los puntos de referencia (*landmarks*); se publicaron los primeros trabajos de morfometría moderna o morfometría geométrica, término empleado por primera vez por Corti (Corti, 1993). Kendall fue creando una serie de conceptos sobre la forma (Kendall, 1977), que amplió con cálculos estadísticos sobre la forma de los triángulos de Poisson-Delaunay (Kendall, 1983), estableciendo finalmente un profundo estudio matemático sobre la teoría de la forma creando los principios teóricos de la posteriormente denominada morfometría geométrica (Kendall, 1984). Curiosamente, estos trabajos tenían como campo de estudio las denominadas “*standing stones*” megalíticas del norte de Inglaterra.

Estos trabajos fueron aplicados por Fred L. Bookstein y Richard E. Strauss realizándose las primeras aplicaciones de estos principios teóricos (Bookstein, 1986; Bookstein et al., 1982, 1985; Strauss & Bookstein, 1982). A partir de estos estudios se comenzará a aplicar esta técnica en estudios comparativos y evolutivos en diferentes especies animales

(Bookstein et al., 1985; Fink & Zelditch, 1995; O'Higgins & Jones, 1998; Smith et al., 1997, entre otros) y especialmente en evolución humana (Bookstein et al., 1999; Hartman, 1989; Howells, W, 1989; Shepstone et al., 1999, entre otros). Entre estas primeras publicaciones de finales del siglo XX todavía predominan los estudios teóricos (Bookstein, 1986, 1989, 1991, 1997; Rohlf, 1990, 1999; Rohlf & Marcus, 1993; Rohlf & Slice, 1990; Warheit et al., 1992, entre otros) en los cuales se establecieron los diferentes métodos de análisis que se pueden aplicar a la morfometría geométrica. La predominancia de estudios teóricos a finales del siglo XX evidencia los primeros momentos de la disciplina, en los cuales se están estableciendo los patrones metodológicos.

Desde los primeros años del siglo XXI hasta la actualidad, los estudios morfo-geométricos han ido aumentando considerablemente. La biología evolutiva (Adams & Rohlf, 2000; Felsenstein, 2002; Klingenberg & Leamy, 2001; Rüber & Adams, 2001) y la antropología física (Bookstein et al., 2003; Gharaibeh et al., 2000; Rao & Suryawanshi, 1998) continúan siendo las principales disciplinas que aplican estos análisis. Sin embargo, a partir de estas fechas, se comienza a aplicar en otras áreas biológicas, como en botánica (Premoli, 1996; Thiébaud, 2000; Shipunov & Bateman, 2005; van der Niet et al., 2010; Chemisquy et al., 2009; Klein & Svoboda, 2017; Vetrova, 2013; Cope et al., 2012, entre otros estudios) o incluso en otras ciencias como en química (Czogiel, 2009; Dryden et al., 2007), aplicándose en la identificación de moléculas pequeñas; en medicina (Bookstein, 1996; Brignell et al., 2010; Mardia, 2013) o farmacia (Salomon-Ferrer et al., 2013) entre otras disciplinas.

Debido al éxito de estos análisis de forma en diferentes disciplinas biológicas o relacionadas con ellas, se ha extendido a otras áreas de estudio en las cuales las comparaciones de forma pueden aportar gran cantidad de información como en estudios geológicos de granos de arena (Kent et al., 2000; Stoyan & Stoyan, 1994; Stoyan, 1997) o en geografía a través de la triangulación de Delaunay (Kendall, 1989; Kendall, 1983; Mardia et al., 1977; Okabe et al., 2000) entre otras áreas de investigación.

Los importantes desarrollos de la morfometría a finales del siglo pasado llevaron a varios autores a escribir sobre una "revolución en la morfometría." (Adams et al., 2004; Rohlf & Marcus, 1993), impulsándose su desarrollo conforme ha ido creciendo su aplicación en otras disciplinas. La morfometría pasó en sólo un siglo de los análisis univariantes, a los bivariantes y a los multivariantes, y vio cómo se inventaba su propio conjunto de herramientas estadísticas antes de que comenzara este siglo. Hoy en día, la morfometría no es sólo una aplicación de la estadística univariante o multivariante a las variables de forma y tamaño; es una nueva disciplina emergente con sus propios descriptores de la forma (Claude, 2008).

3.1.3 Tipos de análisis Morfo-Geométricos y sus aplicaciones

El principal objetivo de la morfometría geométrica es obtener las coordenadas de la forma de un objeto, ya sea a través de puntos característicos, de una serie de puntos intermedios o de todo el contorno. Según los objetos que vayan a ser estudiados se puede definir diferentes procedimientos de muestreo, ya que según las características del material de estudio habrá mejores o peores procedimientos de obtención de las coordenadas. En general se puede dividir en dos grandes conjuntos de diferentes métodos analíticos dependiendo del sistema de obtención de la información de forma que se emplee. El primero y más utilizado en objetos con puntos concretos muy característicos son los análisis a través de puntos de referencia (*landmarks*). El otro conjunto de métodos analíticos utiliza el conjunto total del contorno de una forma, este sistema es especialmente útil en objetos que no tienen puntos característicos análogos que se repitan en todos los objetos de estudio.

3.1.3.1 Landmarks

Los puntos de referencia (*landmarks* en inglés) se corresponden con una posición anatómica que es comparable entre diferentes objetos biológicos. Son homólogos si se puede afirmar un origen embriológico, anatómico o histórico similar. Los contornos o superficies que representan la misma estructura anatómica entre organismos individuales también pueden ser homólogos, concepto muy importante para los análisis de contorno (Claude, 2008). Para realizar comparaciones de forma se pueden utilizar estos puntos de referencia, ya que no varían durante la rotación, la escala y la traslación; hecho básico para poder obtener los datos de la forma como ya hemos visto en la definición de conceptos. La mayoría de los métodos morfométricos tradicionales y especialmente los geométricos utilizan las ubicaciones de los puntos de referencia como primera entrada para coordinar los datos de la forma.

Bookstein estableció tres tipos de “landmarks” (Tipo I, II, III) y uno de semi-landmarks (Bookstein, 1991). Los puntos de referencia del tipo I se corresponde a una yuxtaposición discreta de tejidos (en objetos biológicos) o a rasgos lo suficientemente pequeños como para ser definidos por un solo punto. Este tipo de hito es probablemente el único que tiene un verdadero origen de homología biológica, pudiendo repetirse homológamente en otros individuos. En los puntos de referencia de tipo 2 se incluyen lugares menos específicos que los del primer tipo pero que todavía son característicos en el objeto de estudio, como la punta de un diente o el extremo de una apófisis ósea; estando situados en mínimos y máximos de curvaturas, protuberancias o las puntas de una estructura (figura 3.5). Los del tipo III no se corresponden a puntos concretos fáciles de distinguir, sino a referencias que se construyen geoméricamente, como los puntos intermedios de una curvatura o la intersección de dos puntos de referencia de tipo I o II (Bookstein, 1991). Aunque

Bookstein estableció una cuarta categoría denominada pseudo hitos o semi-landmarks, estudios posteriores suelen agruparlos con los del tipo III (Claude, 2008). Este tipo de puntos pueden obtenerse regularmente a través de un contorno o de una superficie, estableciéndose su captura cada cierta distancia regular desde un “landmark” de tipo I o II, por lo que no hace falta que sean análogos entre los diferentes objetos de estudio.

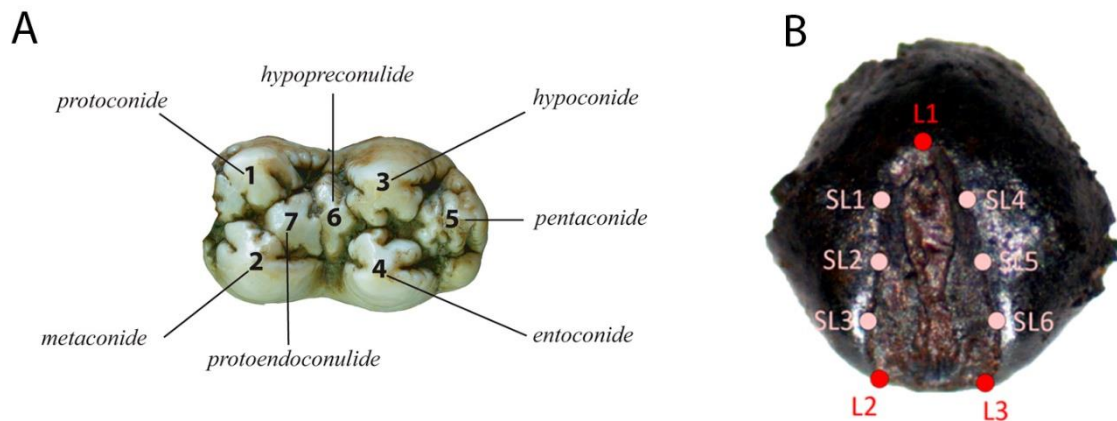


Figura 3.5: Ejemplos de diferentes tipos de landmarks. En el molar de cerdo de la imagen A los puntos de referencia utilizados son del tipo I, siendo homólogos en todos los molares. En el mijo italiano del apartado B se utilizan puntos de referencia tipo II, marcados en rojo y de tipo III o semi-landmarks, marcados en rosa. Imagen modificada de (Cucchi et al., 2015) y (García-Granero et al., 2016)

Aunque los dos últimos tipos no presenten una homología tan fuerte como los del tipo I, pueden ser útiles para incluir información geométrica en regiones del objeto en las que los puntos de referencia están inframuestreados (como en el caso de las semillas), o para extraer propiedades geométricas de contornos o superficies, siendo muy útiles en los análisis de forma a través del contorno. Los objetos sin puntos de referencia reconocibles, pueden utilizar una pequeña superficie o un segmento característico, siempre que sea homólogo entre los objetos de estudio, permitiendo registrar una característica geométrica importante comparable entre los objetos (Claude, 2008). Un estudio reciente ha reclasificado los tipos de landmarks simplificándolos en los científicos o anatómicos los cuales equivaldrían al tipo I y II de Bookstein y los matemáticos que se corresponden con el tipo III (Dryden & Mardia, 2016).

Por último, se han establecido una serie de consejos para mejorar la adquisición de los puntos de referencia para evitar errores en la toma de datos de la forma. Además de la homología se recomienda que los objetos de estudio no tengan puntos de referencia que difieran radicalmente entre ellos, que los puntos estén repartidos y tengan un número

suficiente para estudiar la forma del objeto correctamente, que su repetibilidad en otro objeto sea sencilla para evitar errores humanos, y que las imágenes de los objetos de estudio tengan coplanaridad (no se puede comparar una vista lateral con una dorsal al ser el grosor diferente entre ambas) (Oxnard & O'Higgins, 2009; Toro Ibacache et al., 2010; Zelditch et al., 2004)

3.1.3.2 Análisis morfo-geométricos basados en la configuración de los landmarks

3.1.3.2.1 Red de entramados de Strauss y Bookstein

El primer método de análisis que se ha establecido posteriormente como parte de los modelos de la morfometría geométrica es el enfoque de la red de entramados de Strauss y Bookstein (*The trust network approach* en inglés). Este proceso está pensado para realizarse sin digitalización, ya que se estableció en 1982. Este análisis selecciona una serie de puntos de referencia y los conecta través de una red de entramado, mide estas distancias y las comprueba mediante reconstrucciones de entramados individuales, posteriormente convierte estas distancias a través de logaritmos lineales para diagnosticar los efectos que tiene el tamaño en la forma, se continua eligiendo un individuo estándar desde el cual se calcula la diferencia de los valores predichos de las distancias y finalmente se calculan las coordenadas de los puntos de referencia utilizando las distancias obtenidas en el paso (Strauss & Bookstein, 1982). Para comparar la red de entramados de varios objetos entre ellos se realiza un análisis de componentes principales, un análisis lineal discriminante o de ejes canónicos. Este sistema es útil cuando los puntos de referencia se encuentran en el contorno del objeto, pero pierde objetividad si alguno se encuentra en la parte interna del mismo. Es un método que proporciona un vínculo entre la morfometría tradicional y la geométrica, mejorando los trabajos anteriores (Claude, 2008), aunque al no digitalizarse el objeto y utilizar medidas se generan bastantes errores de medición (como puede observarse en la figura 3.6). Este método no analiza la forma en su totalidad, ya que no elimina los efectos de la traslación, la escala y la rotación, que como ya se ha comentado son básicos para obtenerla. Por este motivo es un modelo muy poco utilizado, utilizándose en su lugar los métodos de súper-imposición en prácticamente todos los estudios basados en la configuración de puntos de referencia actuales.

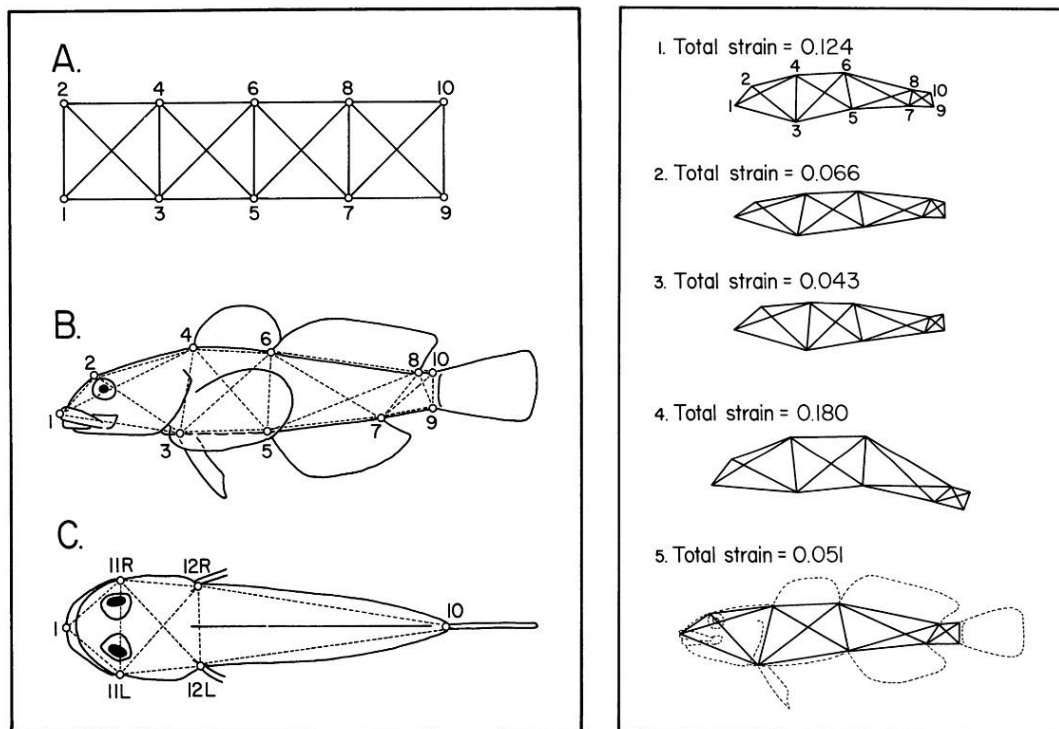


Figura 3.6: Ejemplo de transformación de diferentes formas a través del entramado de Strauss y Bookstein.
Fuente Strayss y Boolstein 1982

3.1.3.2.2 Métodos de superposición

La propia definición de forma de Kendall, establece que es toda la información geométrica que permanece cuando los efectos de la localización, la escala y la rotación han sido eliminados de un objeto (Kendall, 1977), por lo tanto la gran mayoría de estudios morfo-geométricos realizarán una serie de pasos para eliminar estos elementos. Hay que tener en cuenta que estos análisis no se basan en los puntos de referencia, sino sobre las configuraciones que generan, las cuales serán superpuestas a través de diferentes métodos, pudiendo eliminar los tres efectos mencionados.

Un primer paso previo y común en los diferentes métodos de translación, rotación y reescalado, es la obtención del tamaño del centroide. Se calcula a través de la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado de todos los puntos de referencia al centro de la forma (el centroide), concepto que define el tamaño. Una vez obtenido se pueden aplicar diferentes metodologías para obtener la forma de manera independiente al tamaño, en las cuales se eliminan los efectos de la localización, escala y rotación. En líneas generales la traslación se corresponde en colocar los centroides de los individuos estudiados en un mismo punto cartesiano. El efecto de escala se elimina a través del tamaño del centroide, igualándose esta medida en los objetos analizados. Por último, se

rotan las configuraciones para que los landmark análogos de diferentes individuos estén lo más próximos posibles.

3.1.3.2.2.1 Coordenadas de Bookstein

En los años ochenta, Bookstein estableció un sistema de superposición que actualmente se conoce como coordenadas de Bookstein (*Bookstein Coordinates* en inglés) en el cual se transforman las configuraciones de los puntos de referencia superponiéndolos, rotándolos y reescalándolos, pero orienta el primer landmark en la coordenada ($x=0$ $y=0,5$) y el segundo en la coordenada ($x=0$ $y=-0,5$) en dos dimensiones y en ($x=1$ $y=0,5$ $z=0$) y ($x=1$ $y=-0,5$ $z=0$) en 3D, posteriormente se recolocan el resto de landmarks en las coordenadas que les corresponda (Bookstein, 1984, 1986) (figura 3.7). Estas coordenadas se han utilizado ampliamente en el análisis de la forma para los datos planos. Sin embargo, debido a la falta de simetría en la elección de una base de colocación a través de una línea concreta y al hecho de que las correlaciones son inducidas en las coordenadas, muchos profesionales prefieren utilizar las coordenadas tangentes de Procrustes (Dryden & Mardia, 2016).

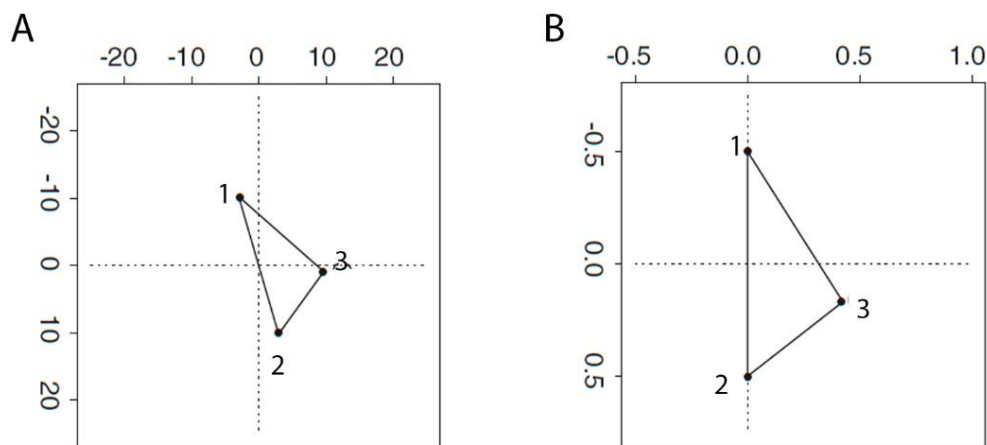


Figura 3.7: Ejemplo de coordenadas de Booksteins. A figura antes de resituarse por este método. B: figura orientada colocados su landmark 1 y 2 en los puntos -0,5 y 0,5 del eje y

3.1.3.2.2.2 Métodos de Procrustes y coordenadas de Kendall

Las deficiencias observadas en el método anterior, motivó una búsqueda para encontrar un método más objetivo para inferir la escala, la traslación y la rotación de todo el conjunto de datos de puntos de referencia, siendo el objetivo principal de los métodos de Procrustes desarrollados a finales del siglo XX. Esta búsqueda comenzó con los trabajos citados anteriormente de Bookstein y Kendall, introduciéndose la distancia de Procrustes

(Kendall, 1984) que será la base de estos análisis. Esta medida se basa en cálculos de mínimos cuadrados para minimizar las distancias entre los puntos de referencia análogos.

Cuando se realizan las transformaciones a través de los análisis generalizados de Procrustes hay que tener en cuenta las características de los espacios morfométricos, ya definidos en las teorías de la forma de Kendall (Kendall, 1977, 1981). Estos espacios matemáticos son multidimensionales e hiperesféricos y se calcularon a través de triángulos comprendidos en una esfera conocida (Kendall, 1977). El primer espacio es el de las configuraciones, que contiene todas las formas posibles que compartan una configuración de k landmarks multiplicado por el número de coordenadas que tienen cada uno de ellos (2 para las configuraciones bidimensionales y tres para las tridimensionales) obteniendo el número de dimensiones. En este espacio se realizan los procedimientos de traslación y reescalado, consiguiendo que los centroides de las configuraciones de forma de los diferentes individuos estudiados estén localizados en las mismas coordenadas, también se igualan los tamaños de los centroides, eliminando las variables de tamaño sin modificar el objeto y obteniendo configuraciones con el mismo tamaño de centroide (figura 3.8).

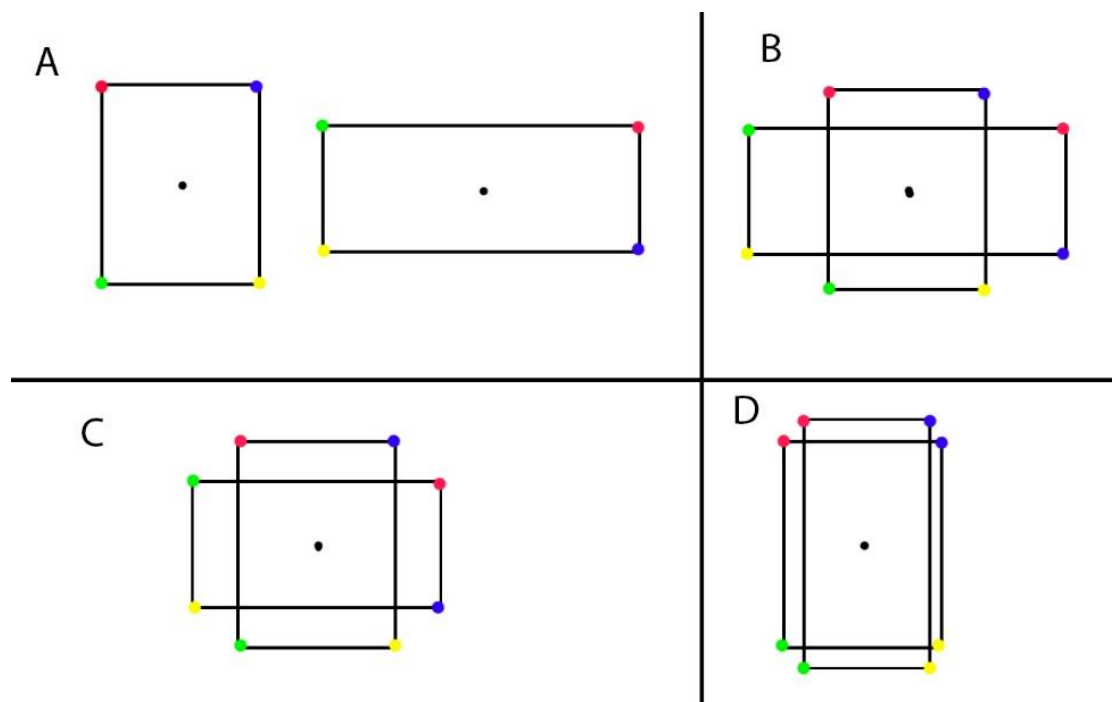


Figura 3.8: Simplificación de las transformaciones a través de los análisis generales de Procrustes desde una posición original (A), pasando por la traslación hasta colocar los centroides en el mismo punto del espacio (B), escalando las dimensiones de los objetos (C) y por último rotándolos hasta que la distancia entre los landmarks sea la mínima posible

Después de realizar estas dos operaciones el espacio en el que se comprendían las configuraciones ha cambiado, denominándose ahora espacio pre-Kendelliano o pre-shape space, que se considera una hiperesfera de radio 1 en $(p - 1)$ por k dimensiones, correspondiendo p al número de landmarks y k a su número de coordenadas (Rohlf, 1999; Zelditch et al., 2004). Su diferencia con el anterior es la pérdida matemática de dimensiones, una por el reescalado y 2 (en configuraciones planas) o 3 (en formas con volúmenes) por la traslación. Por lo tanto, si nuestra forma de origen de una estructura plana estaba compuesta por 10 landmarks, en el espacio de configuración presentaba 20 dimensiones (10 x 2 coordenadas), reduciéndose a 17 en este nuevo espacio. En el pre-shape space se dará el tercer paso de los análisis generalizados de Procrustes, la rotación, en la cual se crean áreas de este espacio en las que se puede rotar las configuraciones para conseguir que todas estén lo más cerca posible entre ellas, obteniendo una forma promedio. Para rotar las configuraciones se utiliza el término de fibra (Dryden & Mardia, 2016; Kendall, 1984), que se corresponde con cada posibilidad de rotación que tiene cada configuración.

Al realizarse la rotación, el espacio que las comprendía cambia de nuevo, pasando a ser el espacio de la forma, denominado en Morfometría Geométrica como el espacio de Kendall (figura 3.9). De nuevo se han perdido dimensiones, una más para las formas planas y tres para las volumétricas. Nuestro ejemplo anterior de 10 landmarks pasará a tener 16 dimensiones. En este nuevo espacio una fibra del espacio anterior pasa a ser una forma. Para establecer la fibra más adecuada se buscan los parámetros de rotación que establezcan la distancia más corta entre las fibras de los diferentes individuos estudiados, siendo la distancia completa de Procrustes la mejor coincidencia (Claude, 2008). Los análisis de Procrustes definen una forma media y la toman como referencia que permita evaluar la variabilidad entre las formas obtenidas. Se puede considerar un escalado posterior entre las configuraciones y la forma media para mejorar el ajuste, obteniendo las distancias de Procrustes completas, o se puede mantener todas las configuraciones a tamaño unitario, obteniendo las distancias de Procrustes parciales (Claude, 2008; Dryden & Mardia, 2016). En definitiva, con todos los análisis generales de Procrustes se obtienen las coordenadas de Kendall, coincidiendo con las coordenadas de los landmarks en el espacio de Kendall, las cuales ya han eliminado los efectos de la localización la escala y la rotación por lo que se obtiene la forma pura de un objeto. Tras los análisis generales de Procrustes se obtienen las distancias de Procrustes parciales y completas, correspondiéndose a la menor distancia entre dos landmarks análogos de un conjunto de formas. Los trabajos estadísticos de Rohlf y Slice (Rohlf, 1999; Slice, 2001).

Las dimensiones obtenidas en el espacio de Kendall y que recogen la información de las coordenadas de Kendall, son las variables dependientes o componentes de la forma y son los datos estadísticos obtenidos al transformar las formas en coeficientes matemáticos (Kendall, 1984; Zelditch et al., 2004).

A pesar de haber conseguido obtener la información de la forma independientemente del tamaño, el espacio de Kendall es curvo y no se corresponde a un plano Euclidiano, por lo

que no es posible aplicar análisis estadísticos multivariados. Para transformar este espacio en un plano se utilizan los espacios tangentes, proyectándose las configuraciones de manera ortogonal o estereográfica (muy similar a la cartografía del globo terráqueo), obteniendo una aproximación bastante cercana a la realidad matemática dentro de dicho espacio. El punto de tangencia entre ambos espacios más usado es el de la configuración de consenso (Toro Ibacache et al., 2010). A partir de este momento, los datos de forma pasan al espacio tangencial de Kendall o de Kent, siendo ya posible aplicar diversos análisis estadísticos que nos permitan comparar grupos de individuos o visualizar los datos. (Kovacevich, 2001)

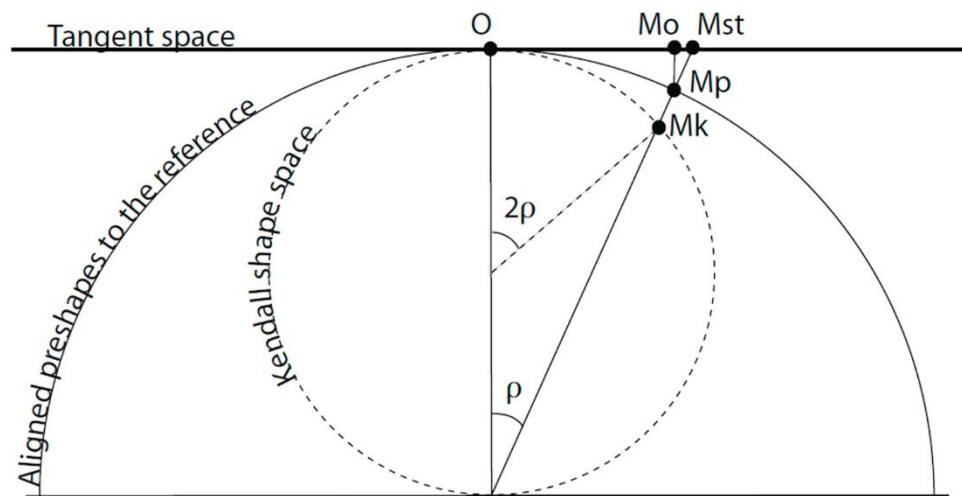


Figura 3.9: Esquema de la sección tangente sobre el espacio de Kendall y el espacio pre-shape. El punto O se corresponde con la forma que se quiere transformar. Figura modificada de (Claude, 2008)

3.1.3.2.2.3 Métodos de ajuste resistente

Siegel y Benson (Siegel & Benson, 1982) observaron que el método de los mínimos cuadrados daba lugar a una falta de ajuste entre configuraciones. Si dos configuraciones difieren sólo en la posición de un único punto de referencia, el método Procrustes ordinario asignará la diferencia de forma a todos los puntos de referencia en lugar de localizar el punto de referencia que ha cambiado de posición. Para corregir estas desviaciones Rohlf y Slice publicaron algoritmos para métodos de ajuste resistentes ordinarios y generalizados en dos dimensiones (Rohlf & Slice, 1990).

Los métodos de ajuste ordinarios o puntuales recalculan la rotación de los análisis generalizados de Procrustes a través de la mediana en lugar de la media de los puntos de referencia, por lo que el outlier pierde fuerza y no modifica la forma media del conjunto

de individuos estudiado. Estos métodos ordinarios solo se utilizan para comparar la forma de un individuo que presenta un landmark muy diferente al de la media. La generalización de estos procedimientos en más de dos formas no es habitual, ya que prácticamente no hay antecedentes estadísticos ya que a diferencia de los procedimientos que minimizan las distancias de Procrustes, los parámetros se estiman mediante procedimientos que se basan en un estimador sesgado de la tendencia central (la mediana), lo que hace que no esté claro si se pueden interpretar los resultados estadísticamente. También si existen varios casos de landmarks extremos entre las configuraciones se genera ambigüedad hacia cuál de ellos ajustar el modelo. Sin embargo algunos autores creen que estos métodos de ajuste pueden ser útiles en conjuntos de datos que ya se sabe que tienen uno o unos pocos landmarks con gran variación comparados con el resto, pudiendo ser útiles estos modelos al realizar superposiciones que no son sensibles al cambio de posición de unos pocos puntos (Claude, 2008; Rohlf & Slice, 1990)

3.1.3.2.2.4 Función de placa delgada (thin plate spline)

En 1991 Bookstein desarrolló una función matemática basada en las cuadrículas de deformación de D'Arcy Thompson, permitiendo representar cambios entre dos formas como una deformación continua, cambiando el concepto de rejilla o cuadrícula con el de placa, ya que lo asemeja a una fina placa de metal (Bookstein, 1991). Para transformar una forma en otra se superponen los puntos de referencia análogos de ambas placas deformando una de ellas para sobreponer ambas formas (figura 3.10). La deformación producida en la placa transformada se mide en términos de energía de torsión, la cual se puede medir, constituyendo variables que abarcan todas las dimensiones del espacio de la forma. Esta función es compatible con la superimposición de Procrustes, y las variables de la forma obtenidas pueden ser sometidas a análisis estadísticos convencionales (Toro Ibacache et al., 2010). Las deformaciones pueden traducirse en datos numéricos definiendo los cambios morfológicos de una estructura a otra.

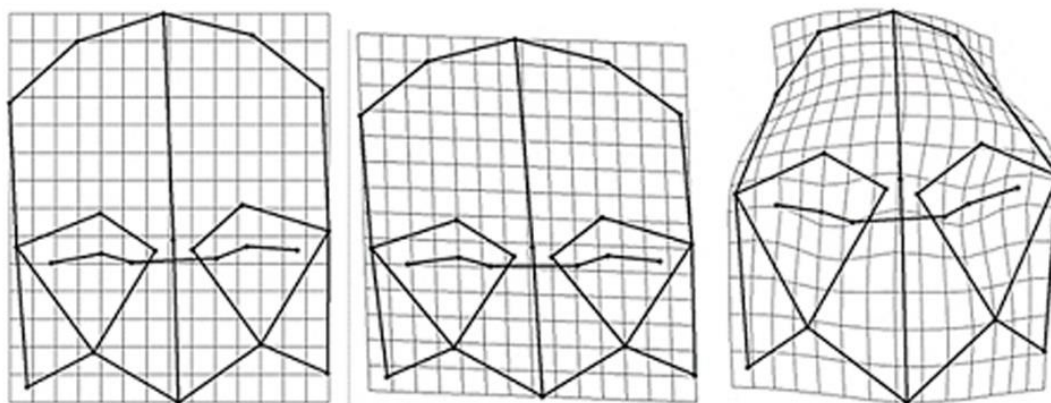


Figura 3.10: Ejemplos de placa delgada (*thin plate spline*). Fuente: Toro Ibacache et al. (2010)

3.1.3.3 Análisis de contorno

En lugar de trabajar con configuraciones de puntos de referencia análogos, en los últimos años se han establecido varios métodos morfo-geométricos que se basan en el estudio de los datos de contorno. Este tipo de análisis es especialmente útil en la forma de objetos que no tienen puntos de referencia de tipo I o II, convirtiendo todo el contorno en coordenadas con las cuales posteriormente se trabajará. En lugar de utilizar las posiciones relativas de las configuraciones de landmarks una vez superpuestas, estos análisis utilizan los parámetros de distintas funciones que se adaptan a la forma del objeto de estudio (como las transformaciones elípticas de Fourier o las funciones polinómicas) (Bonhomme et al., 2014). Este tipo de análisis es muy útil en estructuras biológicas con formas curvilíneas, como las semillas, por lo que tiene un gran interés para este trabajo.

Claude establece cuatro pasos que se utilizan en los métodos morfométricos aplicados a los datos de contorno (Claude, 2008). El primero es el muestreo de puntos de referencia a lo largo del contorno, al no existir puntos análogos se utilizan los que el autor del estudio considere relevantes, puede tratarse de puntos igualmente espaciados o también de puntos digitalizados más densamente en lugares concretos de la curvatura; sin embargo, algunos métodos necesitan que el número sea el mismo entre las configuraciones. El segundo es alinear las configuraciones de pseudolandmarks anteriores utilizando los métodos de superposición descritos en el apartado 1.3.2.2.2; la superposición puede utilizar los puntos de referencia del contorno o características geométricas peculiares como el eje mayor de la elipse que mejor se ajusta al contorno. El tercer paso es ajustar una función que describa el contorno de la forma lo más completamente posible, el gran número de coordenadas y la redundancia de estos datos no permiten un análisis directo, por lo que se compactan ajustando una función que describe los parámetros del contorno, siendo estos últimos los que proporcionan la información sobre la forma. El último paso consiste en analizar los coeficientes obtenidos con estadísticas multivariadas.

3.1.3.3.1 Contornos abierto

Los contornos abiertos en una estructura están delimitados por un punto inicial y otro final. Si después de la superposición y la rotación la coordenada x se expresa como una proyección de la x se consideran curvas abiertas simples, sin embargo, si una coordenada x se corresponde con dos o más coordenadas y , se denominan contornos abiertos complejos.

Los contornos abiertos se pueden ajustar a una función polinómica de la forma, para realizar la superposición se utilizan las coordenadas de Bookstein, utilizando el punto inicial y final de la línea polinómica obtenida de la función (figura 3.11). Otra función aplicable a los contornos abiertos son los parámetros de los splines cúbicos y paramétricos.

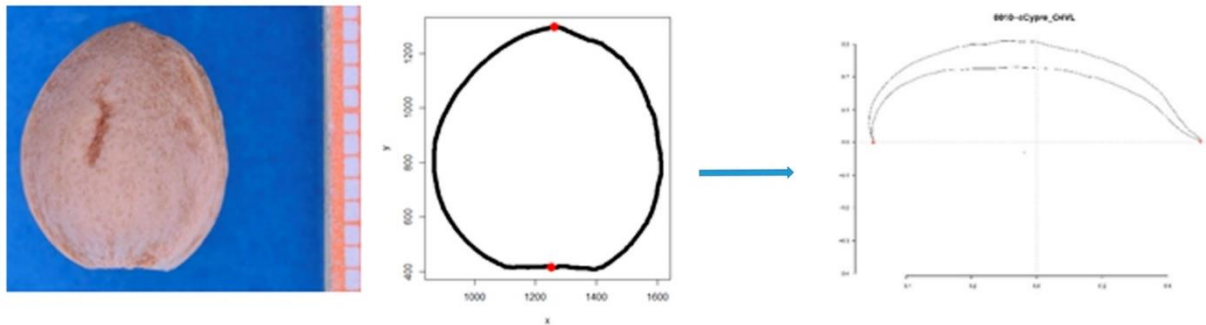


Figura 3.11: Ejemplo de análisis morfo-geométrico a través de contorno abierto. En este caso el contorno de una cereza se transforma en coordenadas, transformándose con una regresión polinómica en dos polinomios, uno por cada parte comprendida entre el primer y segundo landmark. Fuente: Modificado de Burger et al., 2012

3.1.3.3.2 Contornos cerrados

El análisis de contornos cerrados requiere necesariamente que el contorno sobre el que se muestrean los puntos esté estructuralmente definido, ya que se extraerá la información geométrica contenida en el propio contorno y tomada como un todo. Como en el caso de las configuraciones de landmarks, los contornos comparados deben corresponder a características estructuralmente similares, no pudiendo comparar la forma de las alas de un mosquito con la de las semillas de leguminosas.

La estrategia más utilizada consiste en ajustar la forma a las series de Fourier, las cuales son lo suficiente potentes para extraer la información geométrica a través del contorno (Bonhomme et al., 2014). Estas series tienen esta denominación en honor a Jean-Baptiste Joseph Fourier, matemático que hizo importantes contribuciones al estudio de las series trigonométricas a finales del siglo XVIII y principios del XIX. Estas series descomponen una función periódica (como un contorno cerrado) en una suma de funciones trigonométricas de longitud de onda decreciente (los armónicos) definidas por términos de seno y coseno más simples. Cuanto más disminuye la longitud de onda, más describe el armónico un detalle de esta función (Cucchi et al., 2015). Así, cuantos más armónicos se acumulen, más precisa será la descripción de la función original y, por tanto, de la forma original. Las series de Fourier que se pueden utilizar en una función periódica son la variación de radio, el ángulo tangente y el análisis elíptico (Rohlf & Archie, 1984). Todas las descomposiciones de Fourier dan lugar a una suma armónica de funciones trigonométricas ponderadas con coeficientes armónicos. Posteriormente se normalizan para eliminar las diferencias de tamaño, de localización y de rotación entre las formas. Se obtienen dos o cuatro coeficientes (dependiendo de la función de la serie de Fourier que hayamos utilizado) para cada armónico calculado, considerándose en este momento como variables cuantitativas, pudiéndose analizar por las herramientas multivariadas clásicas (Bonhomme et al., 2014).

La serie de Fourier de variación del radio es la función matemática que se obtiene al calcular el radio de un contorno entre el centroide y un punto cualquiera del mismo, realizándose este cálculo con todos los puntos de referencia que se hayan establecido a lo largo del contorno.

La serie del ángulo tangente de Fourier se ajusta al cambio acumulado del ángulo de un vector tangente en función de la distancia curvilínea acumulada a lo largo del contorno. Al utilizar los datos del ángulo de la tangente al contorno, se ajusta mejor que la variación del radio a contornos complejos, es decir cuando un radio determinado intercepta el contorno en dos o más ocasiones, hecho que se da en los contornos que presentan convexidades y concavidades (Claude, 2008).

El último enfoque de la serie de Fourier es el análisis elíptico, desarrollado por Kuhl y Giardina (Giardina & Kuhl, 1977; Kuhl & Giardina, 1982). Este método se ha hecho muy popular los últimos años y es el más aplicado en análisis de morfometría geométrica en semillas arqueológicas. Su éxito se debe a que obtiene por separado las coordenadas x e y de un contorno cerrado proyectado en un plano, también puede aplicarse en objetos en tres dimensiones, añadiendo la coordenada z . Como todas las series de Fourier, descompone la función periódica (el contorno) en una suma de funciones trigonométricas de longitud de onda decreciente (los armónicos) definidas por términos de seno y coseno. Al descomponer las coordenadas por separado no requiere puntos de referencia espaciados a una determinada distancia como los casos anteriores ya que utiliza la totalidad del contorno, por este motivo se puede ajustar a cualquier contorno, ya sea sencillo o complejo (Rohlf & Archie, 1984) y los coeficientes pueden obtenerse independientemente de la posición del contorno. La descomposición del contorno se realiza a través de los armónicos, descritos anteriormente. Los armónicos de orden superior, al tener menor longitud de onda se corresponden a elipses más pequeñas, y como el contorno se aproxima por el desplazamiento de un punto que viaja alrededor de una serie de elipses superpuestas, cuantos más armónicos se apliquen más elipses pequeñas y ajustadas a la forma real del objeto se obtienen (figura 3.12). En el caso de las transformaciones elípticas se van obteniendo cuatro coeficientes (2 de la x y dos de la y) de cada armónico, acumulándose la de los armónicos anteriores conforme continuamos realizando estos análisis. Sin embargo, se pueden obtener un alto número de armónicos, obteniendo posteriormente muchas variables cuantitativas; por ese motivo hay que establecer el número de armónicos que se desean utilizar, buscando el menor número posible y que al mismo tiempo aporten la mayor información posible. Una forma cuantitativa de análisis visualiza las reconstrucciones de contorno obtenidas por diferentes armónicos comparándola con la forma original, seleccionando el número en el cual se obtiene un intervalo de confianza del 95%. Otra forma utiliza el espectro de potencia que aporta cada armónico a la forma, lógicamente los armónicos muy altos ya casi no aportan nueva información, por lo que se seleccionan aquellos con los cuales se pueda obtener el 99% de la información (Claude, 2008).

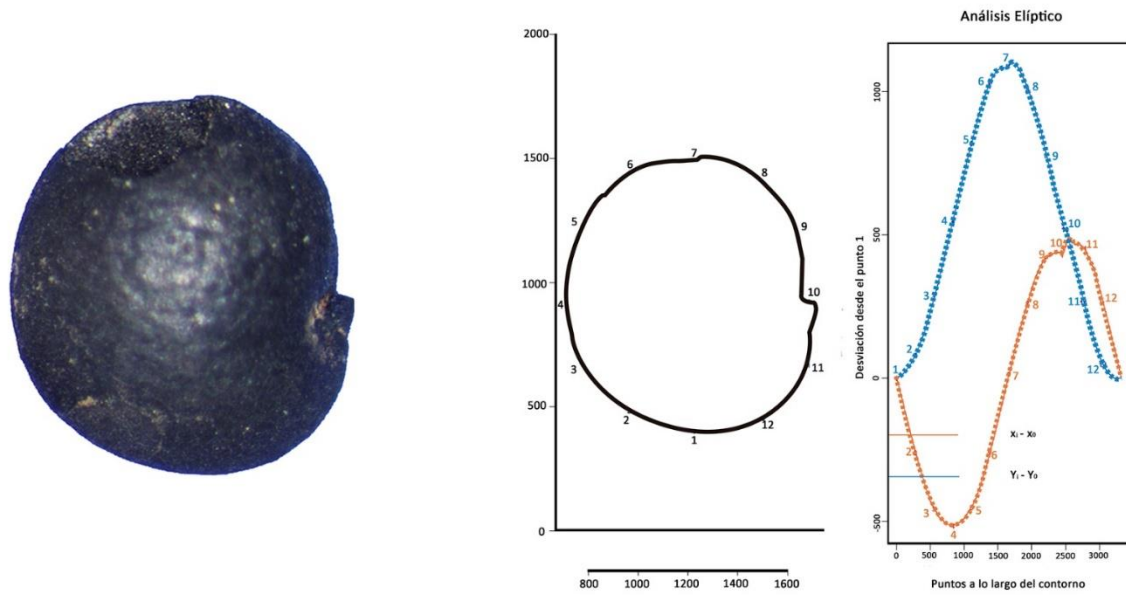


Figura 3.12: Ejemplo de un análisis de contorno cerrado a través de las transformaciones elípticas de Fourier

El primer armónico tiene una longitud de onda muy amplia, por lo que captura gran parte de la información de la forma a pesar de no aportar muchos detalles. Por este motivo en ocasiones se utiliza para orientar, escalar y rotar los diferentes individuos obtenidos para poder realizar las comparaciones de forma, utilizando la primera coordenada del contorno para recolocarlos y usando la primera elipse para el tamaño y la rotación (Claude, 2008). Existen opciones alternativas para normalizar (trasladar, escalar y rotar) los objetos de estudio; si además del contorno se han digitalizado algunos puntos de referencia en el objeto, se puede referenciar a través de estos landmarks. Otra opción para normalizarlos es con el alineamiento de Bookstein, creando una nueva base de línea (baseline en inglés) a través de las coordenadas de Bookstein, recolocando el primer landmark seleccionado en el punto $(x = -0.5; y = 0)$ y el segundo en $(x = 0.5; y = 0)$ (Wallace et al., 2018).

3.1.3.4 Análisis estadísticos

Una vez transformadas las coordenadas brutas de la morfometría geométrica en variables de forma o parámetros se pueden aplicar análisis estadísticos multivariados, como en la morfometría tradicional.

Uno de los análisis más utilizados para explorar los datos de forma es el análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés). Esta técnica construye nuevas variables o componentes a través de los datos dados (las variables de forma obtenidas en los pasos anteriores). Los nuevos componentes se ordenan según la cantidad de la varianza original describen, aportando los primeros la mayor información, pudiéndose ignorar los últimos componentes. Para realizar estas nuevas variables se obtiene la proyección en la cual los datos queden mejor representados en términos de mínimos cuadrados. Es muy útil para reducir la dimensionalidad de un grupo de datos, ya que los componentes son independientes entre ellos y se expresan en la misma métrica (Catena Martínez et al., 2003).

Para comparar diversos grupos entre ellos se utiliza el análisis lineal discriminante (LDA por sus siglas en inglés). Este análisis está estrechamente relacionado con el análisis de componentes principales, el análisis multivariante de la varianza (MANOVA por sus siglas en inglés) y el análisis factorial (Jaramillo, 2011). El análisis discriminante permite clasificar a n individuos en g grupos previamente especificados (un grupo por cada categoría de la variable cualitativa independiente). Es decir, a partir de las variables continuas de un determinado número de individuos, de los que previamente se conoce a que categoría pertenecen, se obtienen nuevas variables, tantas como grupos haya menos una, que permiten reclasificar a cada individuo en uno de los grupo existentes pero por sus datos cuantitativos y no por el valor previamente establecido (Catena Martínez et al., 2003). Este análisis conserva toda la información topológica, pero no la varianza. Con estas nuevas variables se reclasifican los grupos existentes intentando minimizar las diferencias intra-grupales y maximizar las inter-grupales. En algunas ocasiones individuos de diferentes categorías, pero con características muy similares pueden sobreponerse, clasificándose algunos individuos en grupos a los que no pertenecen. Por ejemplo, podría reclasificarse a una veza como un guisante, ya que las formas de los guisantes más delgados pueden sobreponerse a la de las vezas más gruesas. Con estos datos se pueden establecer las posibilidades que tiene un individuo dudoso de pertenecer a un grupo u a otro, siendo especialmente útil en las clasificaciones taxonómicas. Una aplicación muy interesante es que se pueden utilizar los criterios predictivos de una muestra conocida o de adiestramiento (como semillas de especies actuales) en otra en la que se sabe que existen esos mismos grupos, pero no se han podido identificar, conocida como muestra experimental (como un conjunto de semillas arqueológicas). Este análisis proporcionará la posibilidad que tiene cada individuo de la muestra experimental de pertenecer a la categoría establecida con los datos de la muestra de adiestramiento.

Por su alta efectividad y el gran potencial en identificaciones taxonómicas este análisis es muy utilizado en morfometría. En la literatura anglosajona en ocasiones también es denominado análisis variado canónico (canonical variates analysis, CVA por sus siglas en inglés), que puede llevar a errores y confundirlo con los análisis de correlación canónica (en inglés canonical-correlation analysis, CCA) (Jaramillo, 2011).

Los análisis de clústeres o conglomerados son una técnica multivariada no explicativa en la cual se intentan reducir las dimensiones necesarias para interpretar un conjunto de datos. Su objetivo fundamental consiste en identificar grupos de individuos sin que a priori se conozca sus criterios de agrupamiento (Catena Martínez et al., 2003). En este aspecto es complementario al análisis lineal discriminante, ya que dependiendo de la naturaleza de los datos se puede utilizar uno u otro para agrupar individuos. Para establecer estos grupos se intenta que los individuos dentro de un mismo clúster o conglomerado sean lo más parecidos entre ellos y lo más diferente posibles de los otros grupos.

El Análisis multivariado de la varianza (MANOVA por sus siglas en inglés) se utiliza cuando existen varias variables continuas dependientes diferentes y al menos un factor con varios grupos. Como su propio nombre indica, analiza la distribución de la varianza de estas variables continuas a través de la media, designando si las medias de varios grupos difieren entre ellas y entre la media en conjunto. Es una aplicación multivariada del análisis de la varianza (ANOVA), el cual utiliza los residuos de cada individuo para calcular las diferencias entre grupos (Barceló, 2007).

3.1.4 Morfometría Geométrica en arqueología

Actualmente la aplicación de los análisis de morfometría geométrica en arqueología está en pleno crecimiento, utilizándose en muchas de sus áreas más allá de la bioarqueología. La relación de la arqueología con la biología siempre ha sido estrecha, encontrando los primeros ejemplos en la arqueología evolucionista, influenciada por la teoría de la evolución del siglo XIX. Como se ha señalado, la morfometría geométrica nace ligada a la biología evolutiva y la antropología física, a través de la cual se introdujo en la arqueología a finales de la década de los noventa. A comienzos del siglo XXI se consolida su aplicación a otros restos arqueológicos, tanto biológicos como no biológicos, aumentando considerablemente los estudios morfo-geométricos durante esta última década.

Los primeros estudios que aplicaron los análisis de morfometría geométrica en restos arqueológicos se realizaron a finales del siglo XX en el campo de la antropología física, disciplina muy vinculada a la biometría y la morfometría (Bookstein et al., 1999; Howells, 1989; Higgins, 1989), aumentando considerablemente en el siglo XXI. Dentro de la antropología física destacan las publicaciones sobre morfometría craneal de diferentes

homínidos (Baab et al., 2012; Bookstein et al., 1999, 2003; Bruner, 2007; Bruner et al., 2004; D'Amore et al., 2009; Green, 2010; Klingenberg, 2013; N. Singh et al., 2012), y de morfometría craneal entre diferentes poblaciones de *Homo sapiens* (de Azevedo et al., 2017; M. Galland, 2015; Manon Galland & Friess, 2016; Manríquez et al., 2011; Pinhasi & von Cramon-Taubadel, 2009; von Cramon-Taubadel & Pinhasi, 2011). También son numerosos los trabajos antropológicos que utilizan esta técnica para determinar el sexo y la edad de los restos arqueológicos a través de diferentes huesos o dientes (Bastir et al., 2014; Franklin et al., 2007; Franklin & Cardini, 2007; Gonzalez et al., 2011; Gonzalez et al., 2009; Scholtz et al., 2010; Yong et al., 2018) entre otros estudios.

La estrecha relación de la antropología física con la arqueología ha fomentado la familiarización de los investigadores de este campo con la morfometría geométrica, especialmente en la bioarqueología, pero también en estudios de cultura material no biológica. En los últimos años se ha aplicado esta técnica en numerosos estudios de tipología lítica en África (Archer & Braun, 2010; Lycett et al., 2006, 2010), Europa (Costa, 2010; Iovita & McPherron, 2011; Picin et al., 2014; Serwatka, 2015), Asia (Wang et al., 2012) y América (Buchanan et al., 2014; Cardillo, 2010; Castiñeira et al., 2011b; Charlin & González-José, 2012). Aunque menos numerosos también se han realizado estudios en materiales cerámicos (Anichini et al., 2018; Gascón et al., 2018; Selden, 2018; Selden et al., 2014). La morfometría geométrica también se utiliza en estudios iconográficos de pinturas rupestres (Cobden et al., 2017; Nelson et al., 2017; Sinclair et al., 2013), en iconografías cerámicas (Johácz, 2019; Topi, 2016) o en iconografías de pinturas murales prehispánicas (López Estupiñán, 2016).

A pesar del gran potencial de esta técnica en la cultura material arqueológica, la gran mayoría de publicaciones con estos análisis se enmarcan en el campo de la bioarqueología (Cucchi et al., 2015; Okumura & Araujo, 2019). Esta predominancia, como es lógico, se debe al desarrollo de la morfometría geométrica como un análisis biológico, con un desarrollo teórico y estadístico mayor para este tipo de restos. En zooarqueología existen estudios centrados en animales domésticos como el cerdo (Cucchi et al., 2011, 2016; Evin et al., 2013, 2015; Ottoni et al., 2013) (figura 3.13); en ovejas, cabras y el potencial de estos análisis para diferenciar ambas especies (Colominas et al., 2019; Haruda, 2017; Haruda et al., 2019; Mallet et al., 2019; Parés-Casanova & Domènech-Domènech, 2021; Yalçin et al., 2010); en caballos (Bignon et al., 2005; Liuti & Dixon, 2020; Seetah et al., 2014) y en la diferenciación entre caballos y burros (Hanot, Guintard, et al., 2017; Hanot, Herrel, et al., 2017); en bóvidos (Cucchi et al., 2019) y perros (Drake et al., 2017). También existen estudios en roedores que se relacionan con humanos como el ratón moruno (Valenzuela-Lamas et al., 2011) o el topillo campesino (Cucchi et al., 2014) u otros animales salvajes como el ciervo (Curran, 2012).

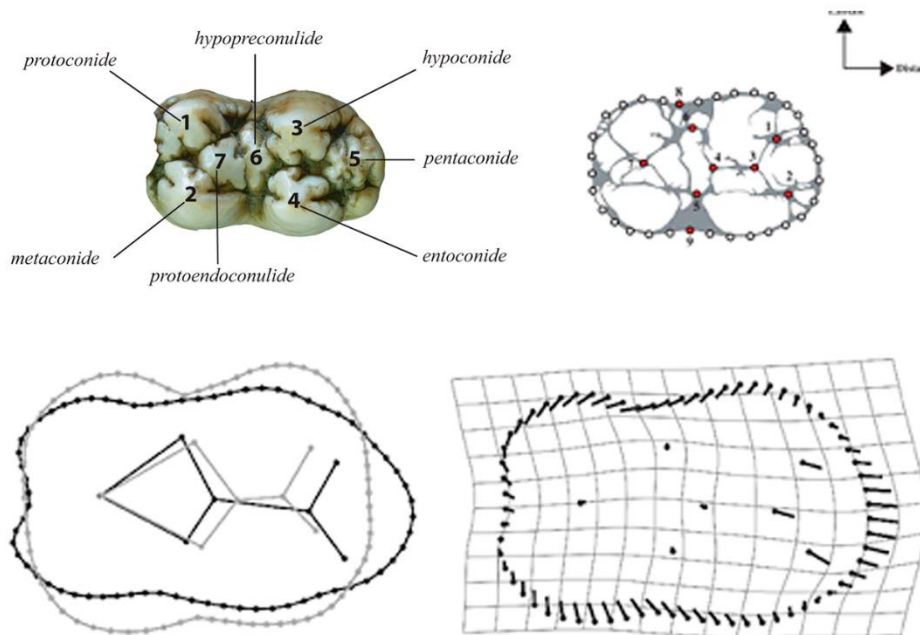


Figura 3.13: Ejemplo de análisis zooarqueológicos en molares de cerdos y jabalíes. Se ha utilizado una configuración de landmarks en el interior y una configuración de semi-landmarks deslizantes para el exterior. (Cucchi et al., 2015)

3.1.5 Morfometría Geométrica en arqueobotánica

Algunos restos vegetales arqueológicos presentan una gran dificultad para identificarlos a nivel de especie con las metodologías tradicionales, especialmente los restos microscópicos como el polen, los granos de almidón y los fitolitos. En estos restos se suele establecer la familia o el género, pero es muy complicado precisar la especie. Los carbones también presentan cierta dificultad, aunque en algunas ocasiones se puede distinguir la especie, mientras que en la mayoría de restos de frutos y semillas se puede establecer la especie a la que pertenecen, dependiendo del estado de conservación en el que se encuentren.

Aunque la lógica lleve a pensar que en los restos microscópicos se apliquen más los análisis de forma a través de la morfometría geométrica para mejorar su identificación taxonómica, no suele ser así (Portillo et al., 2020). La propia anatomía de estos restos dificulta su orientación y obtención de puntos análogos en todos los individuos, por estos motivos la aplicación de la morfometría geométrica en microrrestos es complicada, existiendo pocos estudios en estos materiales. En los únicos restos microscópicos

arqueológicos en los que se han encontrado estudios en los cuales se aplica la morfometría geométrica son en los granos de almidón. A través de esta técnica se intenta establecer la especie vegetal de la cual proceden, comparando los restos arqueológicos con una colección de referencia de materiales modernos. Estos análisis han obtenido buenos resultados, aunque únicamente hemos encontrado dos publicaciones (Coster & Field, 2015, 2018). En el caso de los pólenes no se ha encontrado ninguna publicación en la cual se aplique la morfometría geométrica en restos arqueológicos, aunque sí en actuales (Bonhomme et al., 2013), sin embargo, existen numerosas publicaciones en las cuales se utiliza la morfometría tradicional para identificar la especie o el género vegetal a la que pertenecen (Chong et al., 2014; García et al., 2011; Rahmawati et al., 2019). Tampoco hemos encontrado publicaciones en las que se aplique la morfometría geométrica en restos de fitolitos, pero sí que tienen diferentes estudios morfométricos tradicionales, destacando el protocolo establecido por el *International Committee for Phytolith Morphometrics* (Ball et al., 2016).

En los restos de carbones y madera tampoco se ha aplicado la morfometría geométrica, probablemente debido a las propias características que se dispone de los restos y su estudio. Sin embargo, sí que existen estudios morfométricos tradicionales en los cuales se utilizan los tamaños y formas de diferentes vasos y celdas (Limier et al., 2018; Ros et al., 2021; Terral & Durand, 2006; Wales et al., 2016).

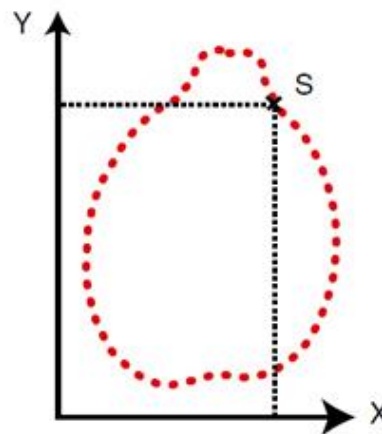
Por último, y a diferencia de los otros restos arqueobotánicos, la morfometría geométrica se ha aplicado en un relativo alto número de publicaciones sobre semillas arqueológicas. Esta diferencia podría deberse a la facilidad que presenta la aplicación de esta metodología en estos restos arqueológicos, los cuales se pueden orientar más fácilmente (aunque no siempre), no requieren la utilización de microscopía electrónica y sus restos tienen menos problemas en general en su identificación taxonómica. Por ejemplo, con la aplicación de la morfometría geométrica se puede obtener muy buenos resultados para diferenciar las variedades cultivadas de las silvestres de algunas especies (Bouby et al., 2018; Pagnoux et al., 2015), también se puede mejorar la identificación taxonómica de un grupo de especies (Bonhomme et al., 2017; García-Granero et al., 2016; Tarongi et al., 2021) o incluso identificar diferentes variedades dentro de una misma especie (Ros et al., 2014; Wallace et al., 2018)

3.1.5.1 Aplicación en semillas de frutales

Las semillas arqueológicas de frutales son en las que más se ha aplicado la morfometría geométrica, destacando los estudios de uva. En el primer estudio en el que se aplicó este análisis (Terral et al., 2010) se compararon semillas actuales silvestres y cultivadas con semillas arqueológicas, con la finalidad de establecer a que grupo pertenecían los restos arqueológicos. Para comparar los materiales actuales y antiguos se estableció una metodología de estudio del contorno de la semilla, transformándolo en coordenadas cartesianas a través de fotografías individuales de dos caras de cada semilla. Posteriormente las coordenadas se convierten en coeficientes estadísticos a través de la

transformación elíptica de Fourier, transformando todos los datos en nuevas variables a través de un análisis de componentes principales y por último se predijo a qué tipo de uva pertenece con un análisis de variables canónicas y un análisis de clústeres (figura 3.14). Otros estudios muy similares aplican esta metodología sustituyendo el análisis de variables canónicas por un análisis lineal discriminante (Bacilieri et al., 2017; Bonhomme et al., 2020; Bonhomme, et al., 2021; Bouby et al., 2018, 2021; Maghradze et al., 2019; Pagnoux et al., 2021), aplicándose en algunas ocasiones un análisis de clústeres UPGMA posterior (Pagnoux et al., 2015; Valamoti et al., 2020). Un estudio muy reciente no realiza un análisis lineal discriminante, comparando los individuos arqueológicos y modernos a través de los diferentes componentes principales (Moricca et al., 2021). Todos estos estudios tienen una metodología muy similar, algunos de los autores están presentes en la mayoría de ellos, siendo miembros del *Équipe Dynamique de la biodiversité, anthropo-écologie* del *Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier* (ISEM, Montpellier, Francia), grupo de investigación que ha aplicado en numerosos estudios la morfometría geométrica en semillas arqueológicas estableciendo una metodología propia que será empleada en este trabajo más adelante.

Vista dorsal



Lateral view

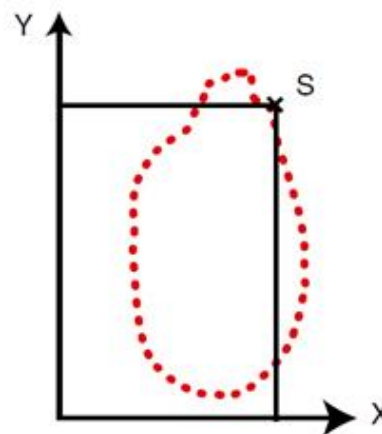


Figura 3.14: Ejemplo de análisis morfo-geométrico a través del contorno cerrado y las transformaciones elípticas de Fourier. Fuente: Bouby et. al. 2018

Otra metodología que aplica la morfometría geométrica en semillas de uva es la desarrollada por el equipo del *Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente* del *Centro Conservazione Biodiversità* de la *Università degli Studi di Cagliari* (Cagliari, Italia). Esta metodología difiere en la forma de obtener los contornos, en lugar de fotografiar cada semilla de una en una se procede a escanear conjuntos de cien individuos para posteriormente obtener las coordenadas cartesianas que se transforman en coeficientes estadísticos a través de las transformaciones elípticas de Fourier. Posteriormente se realiza un análisis linear discriminante sobre los coeficientes, eligiendo los valores de los armónicos con una fuerza de predicción superior a 3,84, no realizando un análisis de componente principal previo. Esta metodología se basa en estudios agronómicos de semillas actuales de uva (Orrù et al., 2012, 2015), que posteriormente se han aplicado a semillas arqueológicas (Orrù et al., 2013; Ucchesu et al., 2015, 2016). Un último estudio obtiene el contorno de las semillas arqueológicas de uva colocándolas en una superficie retroiluminada y realizando una fotografía de conjunto, obtiene las coordenadas cartesianas a través de la transformación elíptica de Fourier y realiza un cladograma a través de la distancia euclidiana (Milanesi et al., 2014).

La finalidad de algunos de estos estudios en semillas de uva consiste en diferenciar de forma precisa las semillas actuales silvestres y domesticadas creando un modelo lineal y aplicarlo en restos arqueológicos para comprobar a qué subespecie pertenecían los viñedos antiguos (Moricca et al., 2021; Orrù et al., 2013; Terral et al., 2010; Valamoti et al., 2020). Otros dos estudios realizan una comparación diacrónica observando posibles procesos de domesticación a lo largo del tiempo (Pagnoux et al., 2021; Ucchesu et al., 2015), mientras que otros trabajos carbonizan las semillas actuales, asemejándolas más a las arqueológicas e intentan establecer las variedades actuales más similares a las arqueológicas (Bouby et al., 2018; Ucchesu et al., 2016). También se han agrupado variedades de uva actuales por regiones para intentar establecer a que área geográfica actual se asemejan más los restos arqueológicos (Bonhomme, et al., 2021; Pagnoux et al., 2015). Un estudio se ha centrado en las relaciones entre las bayas y la semilla de uva y su posible diferenciación evolutiva, comparando este estudio con semillas arqueológicas (Bonhomme et al., 2020) evidenciando la relación entre la forma y las variedades domésticas y silvestres. Por último, una serie de investigaciones han relacionado la morfometría geométrica con estudios de ADN, estableciendo que los grupos establecidos por el análisis genético como morfo-geométrico coinciden (Bacilieri et al., 2017; Bouby et al., 2021; Maghradze et al., 2019), demostrando el gran potencial del análisis morfo-geométrico en estudios taxonómicos.

La aplicación de los análisis morfo-geométricos en los endocarpios arqueológicos de huesos de olivas han diferenciado entre las subespecies domésticas de las silvestres (Terral et al., 2004), además de aportar información sobre las variedades y zonas geográficas a las cuales se asemejan los restos arqueológicos (Newton et al., 2014) estableciendo una domesticación local de estos frutales con cierta expansión de variedades orientales hacia el oeste (Newton et al., 2006, 2014; Terral et al., 2004). Estos estudios aplican el análisis del contorno de las semillas, tomando por separado las

coordenadas de cada una de las valvas del hueso de aceituna, juntando posteriormente estos resultados y comparando los individuos actuales y arqueológicos a través de un análisis lineal discriminante. Estos estudios se han realizado por el equipo del ISEM de Montpellier, siendo algunos anteriores a los estudios de uva, aunque la metodología es similar, con adaptaciones a las valvas de las olivas y basados en polinomios en lugar de las transformaciones elípticas de Fourier. Otro estudio obtuvo el contorno de los endospermos de olivas colocándolos en una superficie retroiluminada y realizando una fotografía de conjunto (Milanesi et al., 2011), método muy similar al realizado por el mismo autor en semillas de uva (Milanesi et al., 2014).

Existe una publicación en la cual se aplica la misma metodología de los endocarpios de olivas en endocarpios de *Prunis avisum* en materiales arqueológicos del siglo XVI (Burger et al., 2012). Otras publicaciones sobre la morfología del género *Prunus* utilizan la morfometría tradicional, con muchos rangos y mediciones pero sin llegar a registrar las coordenadas cartesianas de la forma (Depypere et al., 2007, 2009; Nielsen & Olrik, 2001). Mientras que los estudios más recientes realizados por el equipo de Cerdeña si ha utilizado la morfometría geométrica como tal (Frigau et al., 2020; Ucchesu et al., 2017)

En las semillas de dátiles se han realizado varios estudios en los cuales se ha aplicado la morfometría geométrica para establecer el estado de domesticación y la especie del género *Phoenix* de la que proceden los materiales arqueológicos estudiados, obteniendo muy buenos resultados en la identificación, aplicándose estos resultados a las posibles zonas de origen y expansión de estos cultivos (Gros-Balthazard et al., 2016; Terral et al., 2012). Un reciente estudio ha combinado los resultados obtenidos de la morfometría geométrica con datos de ADN de semillas de dátiles modernas y arqueológicas procedentes del desierto de Judea (Sallon et al., 2020). Las semillas arqueológicas germinaron a pesar de su antigüedad (están fechadas entre el siglo IV a.C. y el I d.C.) y pertenecen a la palmera datilera de Judea, variedad extinta actualmente y con dátiles de mayor tamaño. Estos estudios aplican la misma metodología de contorno que los estudios de uva del ISEM, ya que de nuevo los autores están vinculados a este centro de investigación, obteniendo las coordenadas cartesianas a través de fotografías individuales, posteriormente se convierten en coeficientes a través de las transformaciones elípticas de Fourier y se aplica un análisis de componentes principales y un análisis lineal discriminante.

3.1.5.2 Aplicación en semillas de cereales

Cómo ya se ha comentado anteriormente, los cereales son prácticamente mayoritarios en los yacimientos arqueológicos del Mediterráneo occidental, existiendo una amplia bibliografía sobre estas especies, sin embargo, existe una excepción, los estudios morfogeométricos. Este tipo de análisis se ha centrado en las semillas o restos de frutales sobre otras especies, encontrándose solo unas pocas publicaciones en semillas de cereales.

Un estudio muy completo compara semillas de farro (*Triticum dicoccum*) de escaña (*Triticum monococcum*) y cebada (*Hordeum vulgare*) inter e intra específicamente, para comprobar el efecto de la carbonización en restos arqueológicos, se carboniza materiales modernos para estudiar los cambios producidos en este proceso (Bonhomme et al., 2017). Aplica la morfometría geométrica a través de los análisis de contornos con tres vistas por cada semilla (ventral, lateral y polar), convierte los contornos en coordenadas y las convierte en coeficientes con las transformaciones elípticas de Fourier; posteriormente realiza un análisis de componentes principales y un análisis discriminante lineal. Los resultados interespecíficos son muy prometedores con valores de predicción del 100% en materiales modernos y del 98 al 100% en materiales carbonizados. Los resultados intraespecíficos son más bajos, pero en casi todas las predicciones superaron el 60%.

Otro estudio identifica las cebadas de dos y seis carreras a través de la morfometría geométrica, utilizando una metodología muy similar al caso anterior, pero utilizando únicamente la vista ventral y cambiando el análisis lineal por el análisis de correlación canónica (figura 3.15). Para mejorar la predicción compara materiales arqueológicos con materiales modernos antes y después de carbonizarlos, de nuevo los resultados son muy positivos (Ros et al., 2014).

Se ha realizado un estudio con una metodología diferente aplicando la morfometría geométrica a dos especies de mijos (*Setaria itálica* y *Brachiaria ramosa*) en el cual en lugar del contorno se utiliza la forma del embrión utilizando tres puntos de referencia (landmarks) y seis semi puntos, obteniendo también buenos resultados (García-Granero et al., 2016).

Por último, se ha realizado un estudio sobre cebadas en las cuales se intenta encontrar los orígenes de una cebada escocesa denominada *bere*. Se utiliza la morfometría geométrica a través del contorno y de las transformaciones elípticas de Fourier y se realiza un análisis de componentes principales y un análisis lineal discriminante (Wallace et al., 2018), los resultados de la morfometría se combinan con análisis de ADN obteniendo resultados muy positivos para discriminar las cebadas de 2 y 6 carreras. También se pudieron caracterizar algunos grupos específicos de variedades.

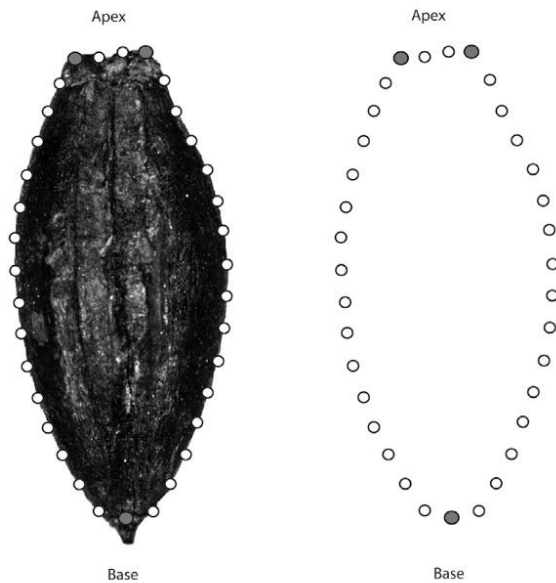


Figura 3.15: Ejemplo de análisis a través de la Morfometría Geométrica con tres landmarks de tipo II y otros puntos semi-landmarks intermedios. Fuente: Ros et al. 2004

3.1.5.3 Aplicación en otras especies

Además de los grupos de especies anteriores, se han realizado estudios morfogeométricos en semillas arqueológicas de melón y de adormidera. En la primera especie se creó un primer modelo con la combinación de los datos obtenidos de la morfometría geométrica y de ADN, creando patrones para diferentes especies de pepinos y melones (*Cucumis melo*, *Cucumis sativus*, *Citrullus lanatus* y *Citrullus colocynthis*) (Sabato et al., 2015), este modelo se aplica en una publicación posterior en material arqueológico de Cerdeña, combinando de nuevo la información morfo-geométrica y el ADN de las semillas modernas y arqueológicas (Sabato et al., 2017). Ambos estudios utilizan una metodología morfo-geométrica muy similar a la desarrollada en semillas de uva por la universidad de Cagliari, la cual consiste en escanear un conjunto de semillas, convertir el contorno de coordenadas en coeficientes estadísticos a través de las transformaciones elípticas de Fourier, seleccionan los armónicos con una fuerza de predicción superior a 3,84 y finalmente se aplica un análisis lineal discriminante para establecer las probabilidades que tiene cada resto arqueológico a pertenecer a un taxón diferente.

El estudio aplicado a semillas de adormidera, compara materiales modernos de diferentes especies y subespecies del género *Papaver* con materiales arqueológicos con la finalidad de obtener una mejor clasificación entre las variedades cultivadas y domésticas de adormidera (Jesus et al., 2021). Los resultados son positivos.

3.1.5.4 Leguminosas

En agronomía, se utilizan otros métodos de análisis por imágenes para cuantificar los tamaños y las formas de las semillas en los cuales no se aplican análisis morfogeométricos. No se ha considerado necesario detallarlo en los apartados anteriores sobre los diversos tipos de plantas analizados. Sin embargo, al tratarse en este apartado los estudios previos sobre semillas de leguminosas, objeto específico de la presente investigación, consideramos de interés presentarlas con más detalle.

Algunas investigaciones de este tipo analizan la forma de las semillas de leguminosas actuales a través de diferentes técnicas. En Cervantes et al., 2019 se calcula cuantitativamente el área de solapamiento entre las semillas de algunas especies de leguminosas, obteniendo el índice J (área común dividida por el área total de ambas imágenes) y la circularidad, estos datos se aplican para intentar definir unos patrones de formas concretos en algunas especies de leguminosas. Otros estudios obtienen fotografías de lentejas para obtener el volumen y la superficie de dos variedades de lentejas (Firatligil-Durmuş et al., 2008) o para obtener rangos de tamaño para su posterior comercialización (Lemasurier et al., 2014). Otro ejemplo utiliza un software específico para fotografiar judías y clasificarlas a través de los colores y el tamaño, separándolas por diferentes calidades para su posterior venta (Kiliç et al., 2007). Sin embargo, estas técnicas no transforman la forma real de las semillas, obteniendo únicamente valores aproximados, también se basan en los colores de las testas, medida nada eficaz al trabajar materiales carbonizados. Por último, el uso de una única vista de cada individuo y sin ningún tipo de orientación precisa resta información final sobre la forma total de las semillas.

Otro tipo de análisis son los empleados por Gianfranco Venora y Oscar Grillo en lentejas (Venora et al., 2007), judías (Venora et al., 2009) y vezas (Grillo et al., 2011). Estos estudios escanean las semillas utilizando los tamaños y colores como características estadísticas, aplicando un análisis lineal discriminante para identificar las diferentes variables entre ellas. De nuevo nos encontramos con los mismos problemas que en el caso de los estudios anteriores. A pesar de la existencia de estos trabajos con análisis de imagen, no hemos encontrado publicaciones en las cuales se apliquen análisis morfogeométricos de cualquier tipo a semillas actuales de leguminosas.

Por último, el único ejemplo en el cual se aplica la morfometría geométrica en semillas de leguminosas arqueológicas es el artículo que publicamos recientemente en *Vegetation History and Archaeobotany* (Tarongi et al., 2021), el cual resume el potencial de esta técnica en las leguminosas del yacimiento arqueológico de Font de la Canya (Avinyonet del Penedés, Barcelona) para mejorar la identificación inter-específica como para comprobar diferencias o semejanzas intra-específicas. La metodología utilizada, la cual se detalla más adelante, es muy similar a la empleada en los ejemplos anteriores por el equipo del ISEM de Montpellier, ya que gracias a su colaboración se pudo establecer la metodología para aplicar estos análisis en leguminosas.

3.2. Metodología y materiales para el análisis morfo-geométrico

En los tres estudios en los cuales se ha aplicado la morfometría geométrica (test, carbonización y material arqueológico) se ha empleado el mismo tipo de metodología y análisis estadísticos, por lo que en esta sección se expone en conjunto todo el modelo metodológico desarrollado. El primer estudio donde se ha aplicado esta metodología ha sido en un pequeño test para validar su eficacia en semillas arqueológicas de leguminosas, sin el cual no se podría haber realizado los otros dos análisis. En la experimentación de carbonización de semillas de leguminosas actuales se aplicó la morfometría geométrica para recoger los cambios morfométricos que se desarrollan durante la carbonización a diferentes temperaturas y tiempos de exposición; para poder estudiar los cambios, las semillas se analizaron morfo-geométricamente antes y después de someterlas a este proceso. Por último, gracias a la positividad del test, se aplicó esta metodología al conjunto de semillas de leguminosas arqueológicas recopiladas, con el objetivo de establecer patrones de identificación taxonómica concretos a través de los individuos bien conservados y posteriormente utilizarlos en los individuos con identificaciones dudosas. Por otro lado, se ha aplicado los modelos predictivos obtenidos en la experimentación de carbonización en individuos tanto dudosos como no para comprobar el potencial que tienen las semillas actuales carbonizadas para mejorar los procesos de identificación. Por último y a través de análisis de conglomerados se ha querido establecer relaciones de semejanza y diferencias entre una misma especie, realizando comparaciones regionales, cronológicas o entre las propias muestras.

3.2.1 Materiales

Test: Para la realización del test metodológico se seleccionaron 20 semillas arqueológicas del yacimiento arqueológico de Font de la Canya (Avinyonet del Penedés, Barcelona), de las cuales 5 son semillas de lentejas procedentes de la unidad estratigráfica 1030, otras 5 semillas de habas de la UE 1055 y 5 más de la UE 1054. Por último, se añadieron 5 guisantes de la UE 2018 de la Mola d'Agres (Agres, Alicante).

Carbonización: Para esta experimentación se utilizaron un total de 1570 semillas actuales de 10 taxones diferentes (9 especies y una variedad). Las especies con más individuos analizados fueron *Hordeum vulgare*, *Triticum durum*, *Pisum sativum*, *Vicia ervilia* y *Vicia sativa* con 180 semillas en cada una de ellas. De la variedad microesperma de *Lens culinaris*, de *Lathyrus sativus* y de *Vicia faba* se estudiaron 170 semillas, de la variedad macroesperma de *Lens culinaris* se carbonizaron 150 individuos y por último únicamente 10 semillas de *Lathyrus cicera* (tabla 3.1). Las cariósides de trigo duro y cebada vestida, además de las almortas y las habas se adquirieron a Fitoagrícola, una empresa especializada en semillas de siembra situada en Castellón de la Plana. Las almortas de

monte proceden de la colección de referencia del laboratorio de arqueología de la Universitat de Lleida, motivo por el cual únicamente se utilizaron 10 semillas, al no disponer casi de individuos. Por último, los guisantes, los yeros, las vezas y las dos variedades de lentejas fueron cedidas por el Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de la Universitat de Lleida, estas semillas fueron obtenidas de cultivos experimentales realizados en las instalaciones de dicho centro en el contexto del Año Internacional de las Leguminosas, celebrado en 2016.

Taxón	Nº semillas	Procedencia
<i>Lathyrus cicera</i>	10	Col. Referencia UDL
<i>Lathyrus sativus</i>	170	Fitoagícola
<i>Lens culinaris micro.</i>	170	ETSEA UDL
<i>Lens culinaris macro.</i>	150	ETSEA UDL
<i>Pisum sativum</i>	180	ETSEA UDL
<i>Vicia ervilia</i>	180	ETSEA UDL
<i>Vicia faba</i>	170	Fitoagícola
<i>Vicia sativa</i>	180	ETSEA UDL
<i>Hordeum vulgare</i>	180	Fitoagícola
<i>Triticum durum</i>	180	Fitoagícola

Tabla 3.1: Materiales actuales utilizados en la experimentación por carbonización y el lugar de donde se obtuvieron

Material arqueológico: Para aplicar los análisis de morfometría geométrica se han recopilado las semillas de leguminosas arqueológicas procedentes de 124 muestras de 23 yacimientos del Mediterráneo occidental datadas en la edad del Bronce y del Hierro, en los que hubiese un número mínimo de 10 individuos de 6 taxones diferentes (figura 3.16). Aunque existen más yacimientos que cumplen estos requisitos, por diferentes motivos no se ha podido acceder a estos materiales, utilizándose las semillas cedidas amablemente por diferentes investigadores e investigadoras en arqueobotánica que trabajan en este marco geo-cronológico. En 4 yacimientos no se alcanza el número mínimo final, sin embargo, en un principio sí que se alcanzaban los 10 individuos, el descenso del número se debe a fragmentaciones posteriores, en la mayoría de los casos separándose en cotiledones. En total se han estudiado 7272 semillas y 1051 cotiledones, estos últimos finalmente no se han utilizado en el análisis morfo-geométrico, pero se decidió estudiarlos para posibles futuros análisis. Todos los restos tanto analizados como localizados en el Mediterráneo Occidental en el marco cronológico estudiado se encuentran carbonizados, no existiendo restos en otras condiciones de preservación. Del total de semillas analizadas, 1180 se identificaron como lentejas, 2881 como almortas, 405 se corresponden a guisantes, 222 a yeros 2135 a habas y 431 a vezas, 18 están clasificadas como *Lathyrus/Vicia* (para más detalle ver tabla 3.2 y Anexo XVII). Entre todos estos individuos 374 presentan dudas taxonómicas; mientras que el resto, debido a su buen

estado de conservación, fueron identificados previamente por otros investigadores con los criterios tradicionales sin generar dudas taxonómicas. Las almortas y las almortas de monte se han juntado en el taxón de *Lathyrus cicera/sativus* en el estudio geomorfológico, aunque en la recopilación bibliográfica se ha mantenido la información como aparece originalmente en las diferentes publicaciones. La decisión de juntar estas dos especies se ha tomado por la dificultad y la imposibilidad de diferenciar estas dos especies por la identificación tradicional. Aunque en publicaciones más antiguas se hacía esta distinción, en publicaciones más recientes se ha demostrado la imposibilidad de diferenciarlas a través de una identificación óptica (Filatova et al., 2019; Mahler-Slasky & Kislev, 2010; Tarongi et al., 2021), pudiéndose diferenciar únicamente por la textura de su testa observa con un microscopio electrónico de barrido (Chernoff et al., 1992).

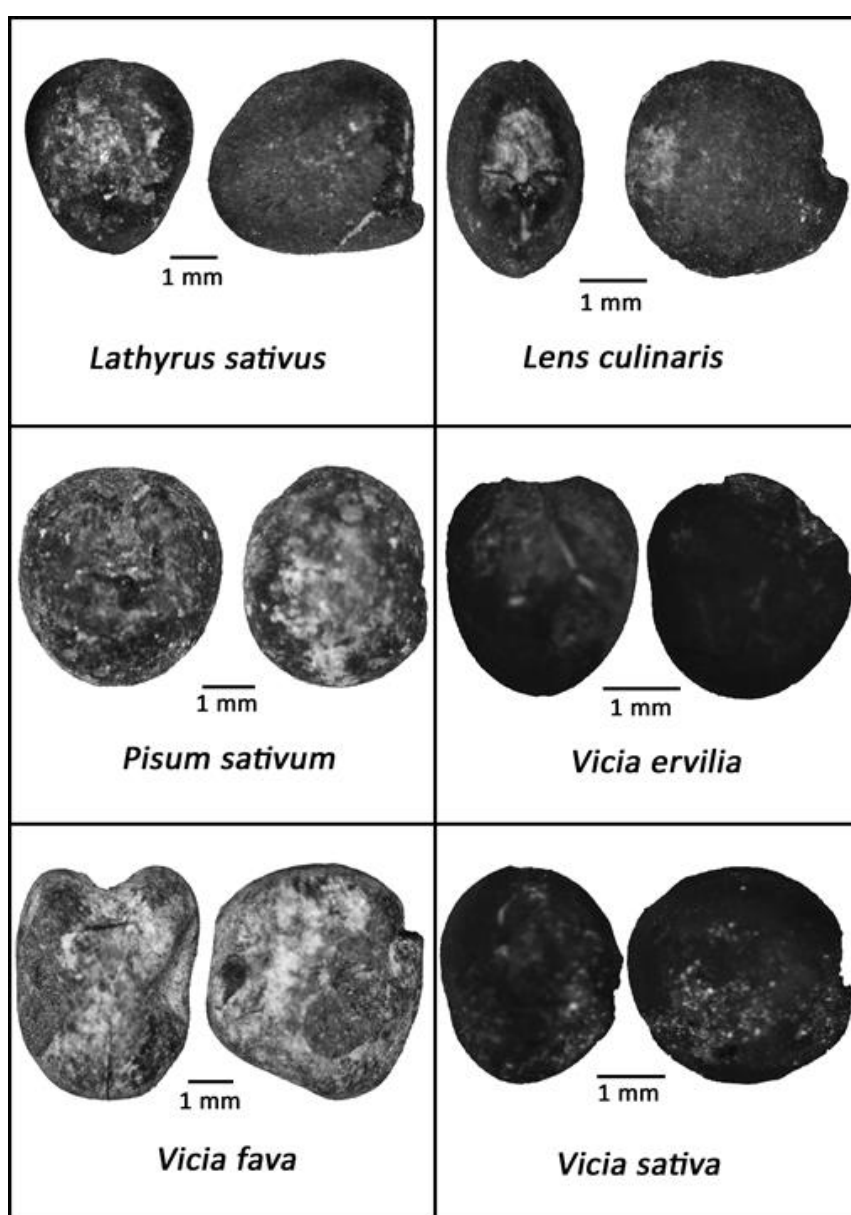


Figura 3.16: Especies arqueológicas estudiadas en este trabajo. El haba (*Vicia faba*), la lenteja (*Lens culinaris*), el yero (*Vicia ervilia*) y la almorta (*Lathyrus sativus*) proceden del Turo de la Font de la Canya. El guisante (*Pisum sativum*) procede de las Eras del Alcázar, la veza (*Vicia sativa*) de la Bastida de les Alcusses

Región	Yacimiento	Municipio	Crono.	Invest.	Biblio.	Taxón						Total	
						Lcul	LS/c	L-V	Psat	Verv	Vfab		Vsat
Andalucía	Cerro del Alcázar	Baeza (Jaén)	2200-1300	Montes Moya	Montes Moya, 2014				27	1	31		59
	Eras del Alcázar	Úbeda (Jaén)	2200-1300	Montes Moya	Montes Moya, 2014				111		679		790
Valencia	Les Moreres	Crevillent (Alicante)	2200-1300	Pérez Jordà	Pérez Jordà, 2013						232		232
	La Fonteta	Guadamar del Segura	750-500	Pérez Jordà	Pérez Jordà, 2013	3							3
	La Mola d'Agres	Agres (Alicante)	2200-1300	Pérez Jordà	Pérez Jordà, 2013				13		69		82
	Barranc de Beniteixir	Piles (Valencia)	1300-750	Pérez Jordà	Pérez Jordà, 2013	3					1		4
	Castillarejo de los	Andilla (Valencia)	2200-1300	Pérez Jordà	Pérez Jordà, 2013						9		9
	Kelm/Villar es	Caudete de las Fuentes	750-200	Pérez Jordà	Pérez Jordà, 2013		8		1	6			15
	La Bastida de les	Moixent (Valencia)	500-200	Pérez Jordà	Pérez Jordà, 2013						2	258	260
Cataluña	Sant Jaume	Alcanar (Tarragona)	750-500	López Reyes	López et al 2011	5	64		7				76
	Xalet Nin-Darró	Vilanova i la Geltrú	500-200	López Reyes	Inédito		2						2
	Les Maleses	Montcada i Reixac	500-200	López Reyes	Durán e Hidalgo 2012	1	44		2		6	1	54
	Plana del Castell	Cerdanyola del Vallès	1300-750	López Reyes	Inédito		7					34	41
	Turo Font de la Canya	Avinyonet del Penedès	750-200	López Reyes	Lopez 2004	1093	186			1	140	7	1427
	Mas Castellar	Pontós (Girona)	750-200	Canal	Canal y Buxò, 2002							5	5
	Puig de Sant	Ullastret (Girona)	500-200	Buxò	Buxò 1997						91		91
	Sant Martí d'Empúries	L'Escala (Girona)	750-200	Buxò, Pinaud	Pinaud, 2021		3		23			5	31
	Camps de l'Hospital	Vilademuls (Girona)	500-200	López Reyes	Inédito							102	102
Languedoc	Portal Vielh	Vendres (Hérault)	1300-750	Bouby	Bouby et al. 1999						130		130
	La Monédière	Bessan (Hérault)	750-200	Pinaud	Pinaud 2021	23	1611	1	1	203	134	2	1975
	Lattara	Lattes (Hérault)	500-200	Rovira, Alonso, Buxò	Alonso et al. 2008	52	809	17	220	11	556	17	1682
	Baume Layrou	Trèves (Gard)	1300-750	Bouby	Bouby et al. 2005		144				8		152
	Place de Saint-Jean	Le Caillar (Gard)	500-200	Rovira, Alonso	Rovira y Alonso 2016		3				47		50
TOTAL						1180	2881	18	405	222	2135	431	7272

Tabla 3.2: Materiales arqueológicos estudiados a través de la morfometría geométrica

De nuevo queremos agradecer a los diferentes investigadores e investigadoras la cesión de materiales para este estudio, sin su ayuda este proyecto hubiese sido completamente imposible de desarrollar, ya que para realizar un estudio sintético de las leguminosas del Mediterráneo occidental se necesitan las leguminosas de esta región. Los materiales de los dos yacimientos andaluces fueron cedidos por Eva Montes Moya (Universidad de Jaén). Todo el material procedente del País Valenciano nos lo aportó Guillem Pérez-Jordà (Universitat de València). Los yacimientos catalanes de Sant Jaume, Xalet Nin-Darró, Les Maleses, Turo Font de la Canya, Mas Castellar y Camps de l'Hospital fueron

aportados por Dani López Reyes (ArqueoVitis sccl). Las habas recuperadas del Puig de Sant Andreu de Ullastret nos las proporcionó Ramón Buxò i Capdevilla (Museu d'Arqueologia de Catalunya). Los materiales de Sant Martí d'Empúries y de los yacimientos del Languedoc de La Monédiere, Lattara y Place de la Saint-Jean fueron cedidos por Núria Rovira i Buendía y Rachel Pinaud-Querrac'h (Université Paul Valéry, LabEx Archimède).

3.2.2 Metodología

3.2.2.1 Adquisición de datos

Aunque no es estrictamente necesario, prácticamente la totalidad de los estudios en los cuales se aplica la morfometría geométrica se realiza a través de la digitalización de los objetos de estudio para poder analizarlos correctamente. Los métodos más habituales son el escaneado 3D para análisis en tres dimensiones, utilizando también análisis fotogramétricos (Evin et al., 2016; Kulemeyer et al., 2009; Owen et al., 2014), el escaneado en dos dimensiones a través de escáneres planos (Orrù et al., 2012; Sabato et al., 2017; Ucchesu et al., 2015) o a través de fotografías individuales (Bonhomme et al., 2017; Bouby et al., 2018; Tarongi et al., 2021; Terral et al., 2010).

En la metodología establecida en este estudio se ha optado por un análisis en dos dimensiones obtenido a través de dos fotografías ortogonales realizadas individualmente en cada semilla. Cada fotografía se ha realizado en una vista diferente, aportando información de volumen a pesar de haberse realizado en dos dimensiones. Las vistas seleccionadas fueron la cara ventral y la lateral. A diferencia de los cereales, no existe un acuerdo generalizado sobre la colocación y cuáles son las vistas de las leguminosas, sin embargo, en el 18º congreso del IWGP celebrado en Lecce en 2019 y en algunas publicaciones recientes (Caracuta et al., 2014, 2017; Tarongi et al., 2021) se ha establecido la vista ventral como la posición en la cual la radícula y el hilo ocupan la parte central de la fotografía, tanto en este estudio como en Tarongi et al., 2021 el hilo se ha colocado en la parte superior, con la radícula dirigida hacia él o su cicatriz en el caso de no conservarse, en las otras publicaciones citadas se coloca en el borde inferior de la imagen, pero este pequeño cambio no afecta a la forma ni al tamaño de los individuos. La vista lateral se ha definido como la rotación ortogonal hacia la derecha de la primera imagen (figura 3.17).

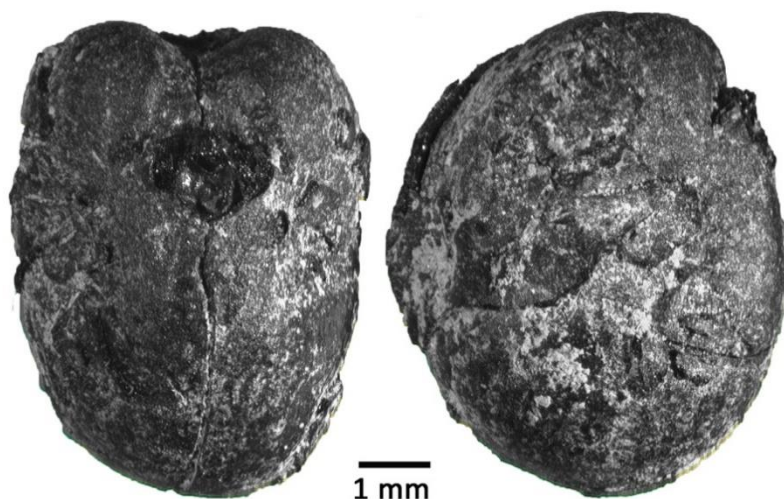


Figura 3.17: Vista ventral (izq.) y lateral (drcha.) de un haba de Font de la Canya, la radícula solo se conserva en la parte más cercana a la semilla, el resto está fracturado

Cada semilla fue colocada, orientada y fotografiada en sus dos vistas con dos equipos macroscópicos diferentes, ya que el estudio se ha realizado en dos centros de investigación diferentes. Las fotografías se tomaron con un microscopio estereoscópico Olympus SZ-ET del Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier con una cámara digital incorporada, después el estudio continuó en la Universitat de Lleida con un microscopio estereoscópico Motic SMZ 168, con cámara digital incorporada. Para poder colocar correctamente cada semilla en sus dos vistas se utilizó plastilina de color azul oscuro, el cual resalta muy bien en las fotografías facilitando su posterior eliminación.

Entre el test metodológico, la carbonización y las semillas arqueológicas se han tomado un total de 18.905 fotografías individuales, las cuales fueron procesadas una a una en Photoshop para convertirlas en máscaras en blanco y negro, de las cuales se obtuvieron manualmente 37.810 landmarks que finalmente se introdujeron conjuntamente a las fotografías en R.

3.2.2.2 Análisis morfo-geométrico

Debido a las características de las semillas carbonizadas, las cuales no tienen estructuras análogas reconocibles que perduren en todos los individuos, se ha optado por aplicar el análisis de contorno cerrado de la morfometría geométrica. Como ya se ha descrito en el punto 1.3.3.2, este método no necesita la presencia de este tipo de landmarks, tampoco hace falta la utilización de semi-landmarks deslizantes a lo largo de una curvatura ya que a través de las transformaciones elípticas de Fourier se pueden utilizar las coordenadas de todo el contorno. Para mejorar la posterior normalización (eliminar los efectos de la localización, la escala y la rotación) de los contornos se han tomado dos puntos de

referencia adicionales. Una vez obtenidas las fotografías fueron tratadas con Photoshop CC 2017, eliminando el fondo de la fotografía, conservando únicamente la forma de la semilla. El siguiente paso fue la conversión de la imagen en una máscara en blanco y negro, dejando el fondo en blanco y convirtiendo la semilla en un objeto 100% negro desde el cual se podrá obtener las coordenadas del contorno. A continuación, con el software libre ImageJ v. 1.53e se seleccionaron los dos puntos de referencia que se utilizarán para determinar la primera coordenada del contorno y la posterior normalización, no son landmarks destinados a crear una configuración de puntos de referencia. A falta de puntos completamente análogos se utilizaron los puntos de inserción de la línea de sutura entre cotiledones con el contorno en la vista ventral, pudiendo obtener cierta analogía. Para la vista lateral se utilizaron los puntos extremos en el eje longitudinal de las semillas. En ambas vistas el landmarks superior fue definido como el 1 y el inferior como el 2 (figura 2.3).

Las coordenadas cartesianas (x; y) del contorno de ambas vistas de las semillas se obtuvieron a través del paquete Momocs en el entorno de R (Bonhomme et al., 2014; R Core Team, 2021). Para normalizar las formas de las semillas obtenidas a través de las coordenadas se utilizaron los landmarks anteriormente obtenidos, utilizándolos como coordenadas de Bookstein y colocando el primero en la coordenada (x = 0; y = 0,5) y el segundo en (x = 0; y = -0,5), criterio ya utilizado en estudios anteriores (Bonhomme et al., 2017; Tarongi et al., 2021; Wallace et al., 2018).

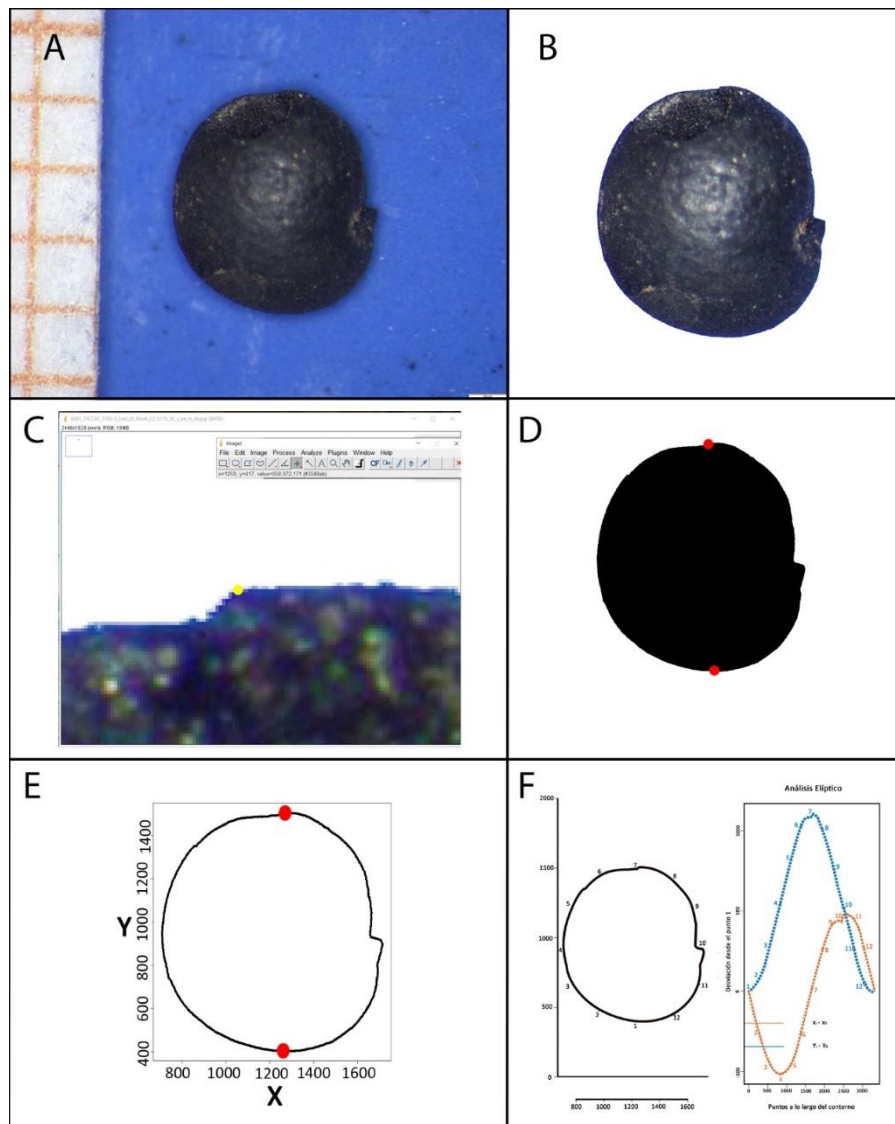


Fig. 3.18: Descripción gráfica de los pasos seguidos para la obtención de los datos. A: Obtención de la fotografía. B: Eliminación del fondo con Photoshop. C: Selección de landmarks con Image J. D: Conversión de la fotografía en una máscara en blanco y negro. E: Obtención de las coordenadas a través del paquete Momocs de R. F: Transformación en coeficientes a través de las elipses de Fourier

Una vez obtenidas las coordenadas de las semillas y normalizadas sus formas, se ha procedido a convertir estos datos en coeficientes matemáticos a los cuales se les pueda aplicar análisis estadísticos multivariados. Para realizar esta adaptación se ha optado por las transformaciones elípticas de Fourier (figura 3.18), las cuales van adaptándose a la forma original del contorno con una serie de funciones trigonométricas con longitudes de onda decrecientes denominadas armónicos (en inglés se expresan con la letra H de harmonics) el primer armónico tiene una amplia longitud de onda, obteniendo numerosa información global del objeto pero poco precisa, conforme aumentamos el número de

armónicos y más corta es la longitud de onda más precisión acumulada obtenemos, por ese motivo a llegar a cierto número no es recomendable aplicar más armónicos ya que acumularemos demasiadas variables que distorsionarán los posteriores análisis estadísticos.

En los tres casos en los que hemos aplicado la morfometría geométrica hemos utilizado un total de 8 armónicos en cada vista, ya que en los tres casos han llegado a una potencia acumulada de en torno al 99%, cifra recomendada en estudios especializados (Claude, 2008). En el caso del test los 8 armónicos han reproducido el 98,86% de la forma total, en la carbonización el 99,05% y en el material arqueológico el 98,98%, por lo que podemos utilizar el mismo número de armónicos en los tres análisis. Al obtenerse cuatro coeficientes por cada armónico (8 en nuestro caso) y al utilizar dos vistas que hemos combinado al transformar las coordenadas en coeficientes se han obtenido un total de: $(4 \times 8) \times 2$ coeficientes, es decir 64 por cada semilla o lo que es lo mismo, 64 variables en las cuales ya podemos aplicar los análisis estadísticos multivariados.

3.2.2.3 Medidas de tamaño

Por último, las medidas de tamaño se han tomado a través de la morfometría geométrica aplicada en las fotografías, utilizando el contorno y los landmarks utilizados una vez ajustada las dimensiones a la escala real de la semilla tomada durante la obtención de las imágenes. Se ha establecido la longitud como la mayor distancia del eje longitudinal de la vista ventral, medida ya utilizada en estudios morfométricos tradicionales en semillas de leguminosas actuales (Kirkbride et al., 2003); el concepto de la medida máxima de un eje es conocido como el diámetro de Feret (Roselló Valera et al., 2017). Para la anchura se utilizó el diámetro de Feret del eje transversal de la vista ventral y para la anchura se utilizó el eje transversal de la vista lateral (figura 3.19). Todas las medidas se tomaron en un primer momento en píxeles, transformándolas en milímetros a través de la escala utilizada durante el fotografiado de las semillas, y por último en logaritmos para reducir el efecto de los valores atípicos (*outliers* en inglés).

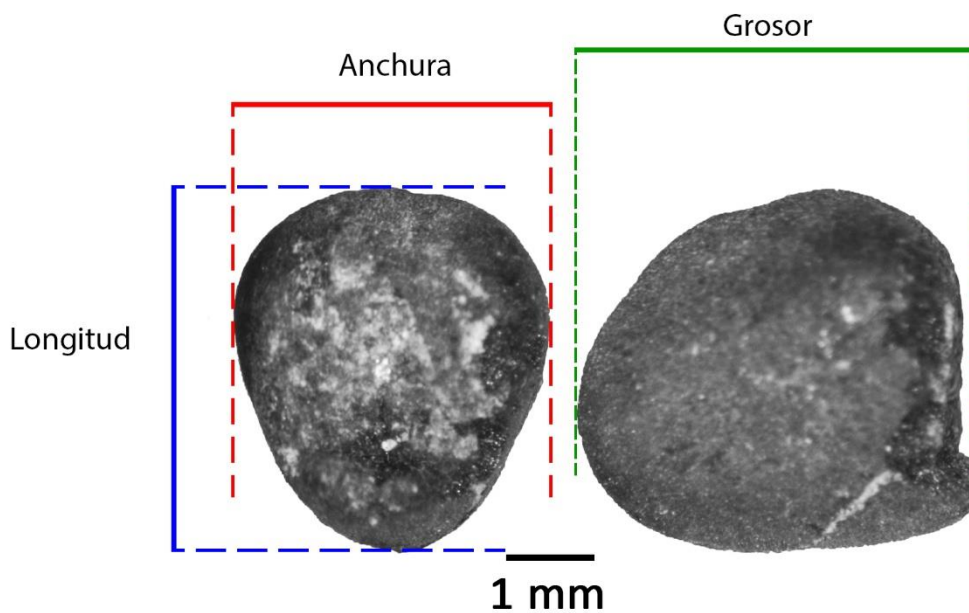


Fig. 3.19. Ejes utilizados para establecer las medidas de tamaño de las semillas estudiadas. La imagen de la izquierda se corresponde a la vista ventral y la derecha a la lateral

3.2.3 Análisis estadísticos

Aunque en cada uno de los tres estudios se han podido aplicar casos estadísticos concretos, en esta sección se han recogido los análisis generales aplicados en estos casos para evitar repetir la misma información.

3.2.3.1 Análisis componentes principales

Para realizar una primera exploración estadística y visual se ha aplicado un análisis de componentes principales (PCA) sobre los coeficientes obtenidos a través de las transformaciones elípticas de Fourier. Como en los tres casos se disponía de 64 coeficientes se han obtenido 64 componentes principales. Para facilitar el análisis y la comprensión de los resultados se han mantenido los componentes que expliquen hasta un 95 por ciento de la variabilidad entre individuos, obteniendo 4 componentes en el test, 6 en la experimentación de carbonización y 10 en el análisis arqueológico. El incremento se debe a que en el primer caso solo se han estudiado 20 individuos, 1570 en el segundo y 7272 en el último, aumentando la variabilidad al aumentar el tamaño muestral y por lo tanto el número de componentes necesario para explicar el 95% de la variabilidad.

3.2.3.2 Análisis de la varianza (ANOVA y MANOVA)

Con el PCA se ha obtenido una primera evidencia, pero para comprobar la existencia o no de diferencias estadísticas significativas se ha optado por realizar contraste de hipótesis. En concreto, para adaptarse mejor a los datos obtenidos se ha aplicado los análisis multivariados de la varianza (MANOVA) los cuales nos permiten comparar medidas cuantitativas continuas dependientes (ya sean las medidas de tamaño, los coeficientes o los componentes principales) con una variable cualitativa o factorial independiente, en nuestro caso la especie, cronología, región, muestra etc. Este tipo de análisis con las pruebas posteriores de Wilk, Lawley-Hotelling, Pillai o la raíz de Roy, aportan resultados robustos sobre las diferencias o semejanzas entre los grupos de la variable independiente. El ANOVA es el mismo tipo de análisis, pero solo sobre una variable cuantitativa.

Todos los análisis de la varianza se basan en el cálculo de la suma de los cuadrados (SS), que se obtiene sumando los cuadrados de las desviaciones de cada observación respecto al grupo de la variable categórica a la cual pertenece. Con la suma de los cuadrados se calcula el cuadrado medio (MS), que es el resultado obtenido de dividir la suma de los cuadrados por el número de grados de libertad. Hay que diferenciar entre el cuadrado medio del tratamiento (MS), del cuadrado medio de error (MSE), ya que el primero se obtiene con las sumas de los cuadrados del tratamiento y el segundo del error residual. El cuadrado medio del tratamiento representa la variación existente entre las medias de cada grupo de la variable categórica, mientras que el cuadrado medio del error, representa la variación dentro de las muestras.

Posteriormente, se calcula el estadístico F (test de Fisher), que se obtiene al dividir los Cuadrados Medios del factor entre los Cuadrados medios de los residuos. A continuación, este estadístico se utiliza para calcular el valor de P, que representa la probabilidad de obtener otra muestra de la población con el mismo valor F o superior que el obtenido en nuestra muestra en el supuesto de que la hipótesis nula (H_0) sea aceptada (en este caso la aceptación de la hipótesis nula significa que no existen diferencias estadísticas significativas). Siempre se calcula suponiendo la veracidad de H_0 , ya que la distribución muestral de las muestras con la hipótesis nula aceptada se corresponden con la distribución F (distribución de Fisher-Snedecor), por lo que el valor de F se corresponde con la probabilidad de obtener otra muestra con una varianza idéntica si la hipótesis nula es cierta. (Gorgas García et al., 2011). Por ejemplo, si obtenemos un valor de p de 0,01, se tiene un 1% de posibilidades de que al realizar otro muestreo de la misma población se obtenga un valor de F igual o mayor al de nuestro estudio si no hay diferencias significativas entre los parámetros estudiados (es decir si se acepta la hipótesis nula), por lo que lo más probable es que en este caso la hipótesis nula no sea cierta y se acepte la alternativa (existiendo diferencias estadísticas significativas entre los parámetros estudiados).

Se ha establecido que el nivel de significancia (α) del valor P debe ser mayor a 0.05 para aceptar la hipótesis nula, por lo que se acepta la hipótesis alternativa cuando este valor sea inferior a 0,05 (5%). Algunos autores bajan el nivel de significancia para evitar el error de tipo I (error cuando el investigador rechaza la hipótesis nula siendo esta cierta en la población), aunque un valor de α muy bajo puede aumentar las posibilidades del error tipo II (no rechazar la hipótesis nula cuando es falsa en la población) (Gorgas García et al., 2011). En este estudio se ha establecido α en el 0,05 siguiendo el ejemplo de la gran mayoría de estudios estadísticos.

	Grados de Libertad (DF)	Suma de los Cuadrados (SS)	Cuadrados Medios (MS)	R cuadrado (Rsq)	F-test	Pr(>F)
Semillas	4	0.01189	0.00297	0.859	7.61544	0.003
Residuos	5	0.00195	0.00039	0.14099	NA	NA
Totales	9	0.01384	NA	NA	NA	NA

Tabla 3.3: Ejemplo de resultado de Análisis de la Varianza de Procrustes. Podemos observar los grados de libertad, la suma de los cuadrados, los cuadrados medios, el valor de R cuadrado, el valor del test de Fisher y el valor de P.

3.2.3.3 El análisis lineal discriminante

El análisis lineal discriminante (LDA) es muy interesante para este tipo de estudios, ya que nos permite recrear grupos ya establecidos, como los taxones, a través de datos cuantitativos, como las variables de forma y tamaño. Una vez realizado el análisis predice las posibilidades que tiene cada semilla de pertenecer a cada taxón, aunque en alguna ocasión puede no coincidir. Es interesante comprobar si el modelo lineal es efectivo aplicándolo a una muestra en la cual conocemos la especie a la que pertenece el individuo y lo comprobemos con estos materiales, si las probabilidades de cada individuo se acercan a la realidad es que es un sistema efectivo y puede aplicarse a muestras experimentales en las cuales no tengamos clara su identificación, En los análisis morfo-geométricos de este trabajo se ha utilizado para crear tres modelos predictivos a través de las semillas actuales, de estas mismas carbonizadas y un tercero con individuos arqueológicos sin dudas taxonómicas, comprobándose entre ellos para ver su efectividad (como por ejemplo utilizando el modelo de semillas carbonizadas en las arqueológicas). Posteriormente se han aplicado en las semillas arqueológicas cuya identificación ha sido dudosa para intentar mejorar los criterios de clasificación taxonómica. En este estudio se ha decidido aplicar el análisis LDA directamente sobre los coeficientes obtenidos a través de las transformaciones elípticas de Fourier, en muchas publicaciones se aplica sobre los componentes principales obtenidos previamente, como es el caso del análisis que publicamos sobre una primera aplicación de la morfometría geométrica en leguminosas (Tarongi et al., 2021), pero ante la gran cantidad de datos se ha considerado más viable

realizarlo directamente sobre los coeficientes. Ambas formas son correctas y generan resultados prácticamente idénticos, variando únicamente si no se utilizan la totalidad de los componentes principales (Bonhomme et al., 2017; Wallace et al., 2018)

Para comparar los resultados predictivos obtenidos en los modelos lineales se han realizado las comprobaciones a través de la validación cruzada, en concreto a través del método *bootstrap*. Es una técnica de remuestreo en la cual se obtiene una muestra a partir de la muestra original utilizando un muestreo con reposición, es decir no utilizando todos los elementos mientras que otros podrán aparecer más de una vez en el muestreo, ya que si se eligiesen las mismas observaciones se obtendría siempre el mismo resultado. De la nueva muestra se calcula el estadístico deseado, en este caso el porcentaje efectivo de predicción del LDA; sin embargo, este estimador sería poco preciso, por lo que se repiten los pasos anteriores un gran número de veces, obteniendo un gran número de estimaciones pudiendo utilizar los datos de la media de las permutaciones como valor de validación del modelo lineal creado, en este caso LDA. Este sistema es el más utilizado en muestras con categorías descompensadas, como es nuestro caso, ya que en los materiales arqueológicos se dispone de muchas más almortas y habas que yeros y vezas.

3.2.3.4 Análisis de clústeres

El análisis de conglomerados o también conocido como análisis de clústeres (castellanización del término inglés *cluster*) es una técnica estadística multivariada no explicativa en la que se intentan reducir las dimensiones necesarias para interpretar un conjunto de datos (Catena Martínez et al., 2003). Para ello se asignan individuos a grupos intentado que sean lo más semejantes entre ellos a la vez que cada grupo debe ser lo más diferente posible entre sí. A pesar de que la finalidad es similar al análisis discriminante, en este caso la clasificación se realiza sin conocer el criterio de permanencia a cada grupo establecido.

Cada individuo es agrupado teniendo en cuenta los valores de las variables que se quieran analizar, agrupándolos conforme más semejantes sean entre ellos. Para realizar este paso hay que calcular la distancia que existe entre cada observación, utilizándose las medidas de distancia o de igualdad. Las primeras se utilizan en datos cuantitativos en una escala lineal, pudiéndose utilizar la distancia Manhattan o la distancia Euclidiana. La primera recibe este nombre al utilizarse la distancia entre dos puntos siguiendo el reticulado de la cuadrícula, existiendo varias rutas con la misma longitud. La distancia Euclidiana o Euclídea es la distancia más corta situada entre dos objetos definidos en el espacio por variables usadas en el análisis, es la más apropiada y usada con variables cuantitativas (figura 3.20). Sin embargo, si la escala de alguna de las variables es diferente al resto, estas distancias pueden distorsionar los resultados del análisis de conglomerados, por este motivo es necesario estandarizar las variables para obtener una escala común calculando la media de cada variable y dividiéndola por la desviación típica respectiva.

Otra solución es aplicar distancias que sean invariables a la escala, como la distancia de Mahalanobis, la medida coseno y la distancia de Chebychev (Catena Martínez et al., 2003). Si los datos cuantitativos tienen una escala no lineal (como pueden ser los casos con escala exponencial), se transforman los datos hasta obtener una relación de tipo lineal, por ejemplo, a través de logaritmos; y se procede como en los casos con escala lineal. Si los datos son cualitativos se utilizan las medidas de igualdad en las variables de este tipo para poder aplicar posteriormente las medidas de distancia. Para las dicotómicas o binarias se convierten los datos a través del emparejamiento simple, numerando únicamente en cuantas variables coincide un individuo con otro, permitiendo de esta forma calcular las medidas a través de la distancia euclidiana. Si los datos son binarios asimétricos se utiliza el coeficiente de Jaccard (García Pérez, 2005).

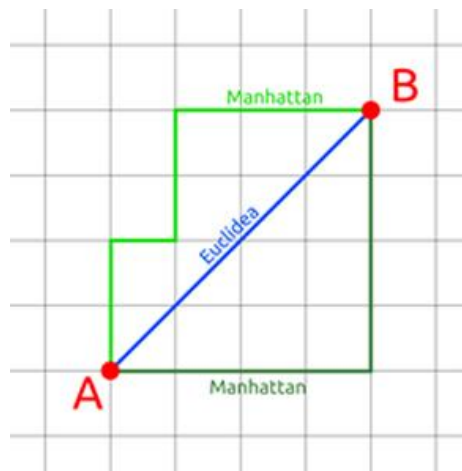


Figura 3.20: Tipo de distancias utilizadas en los análisis de conglomerados

Para realizar el agrupamiento de este análisis existen dos tipos de métodos, los jerárquicos y los no jerárquicos. En los primeros modelos cada individuo u observación se considera como un grupo propio, posteriormente se van agrupando los grupos más semejantes entre ellos sucesivamente hasta obtener un solo grupo, este tipo de análisis se suele representar en dendrograma (figura 3.21). En los modelos no jerárquicos se establece de antemano el número de grupos en los cuales se quiere clasificar los individuos y según los datos de las variables seleccionadas se reparten entre ese número específico de grupos.

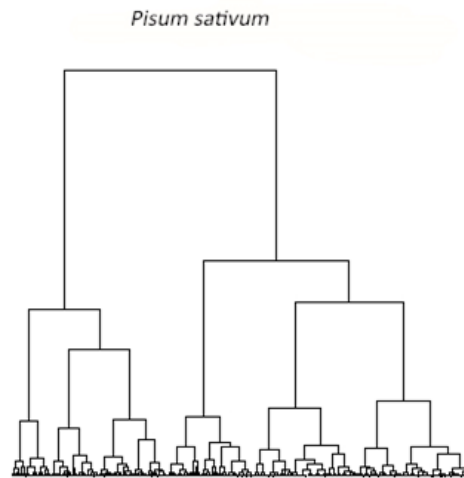


Figura 3.21: Ejemplo de dendrograma de los resultados de un análisis de conglomerado jerárquico con las formas de *Pisum sativum*

Los métodos jerárquicos tienen diferentes formas de agrupar los datos (figura 3.22), las agrupaciones más frecuentes son las siguientes:

- **Agrupamiento simple:** Se establece cada clúster o grupo utilizando la distancia existente entre los dos individuos más cercanos de cada grupo. Este método es simple, pero tiende a producir clústeres alargados y desordenados, produciendo dendrogramas no equilibrados. Por lo tanto, tiende a incorporar los individuos intermedios a dos clústeres a uno de ellos, en vez de crear un nuevo clúster, creando cierta distorsión
- **Agrupamiento completo:** En este caso se establece cada clúster utilizando la distancia existente entre los dos individuos más lejanos de cada grupo. Tiene la influencia contraria al agrupamiento simple, generando un sesgo hacia la producción de clústeres de igual diámetro, siendo muy sensible a la presencia de outliers.
- **Agrupamiento promedio (UPGMA):** Utiliza la media de las distancias entre todos los puntos de los grupos. Este método es uno de los preferidos por muchos investigadores, tanto por la consideración de que todas las observaciones influyen a la hora de determinar el punto medio y porque se considera que funciona bien en la práctica. Sin embargo, está de algún modo sesgado en la producción de clústeres de igual varianza.
- **Agrupamiento centroide:** Utiliza los puntos centroides de los dos grupos. Este agrupamiento no es equivalente al del agrupamiento promedio, ya que el centroide no coincide con la media. Cuando se calculan los centroides, tratamos implícitamente a los

datos como si estuviesen en un espacio euclídeo, es decir, donde sólo se pudieran tomar distancias euclidianas. Este agrupamiento es robusto para la presencia de outliers, pero no obtiene tan buenos resultados como el del promedio o el método de Ward.

- Método de Ward. Trabaja de un modo muy diferente a los anteriores. En cada etapa de agrupamiento se unen los dos clústeres para los cuales exista el menor incremento en el valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias. Es decir, une los casos buscando minimizar la varianza dentro de cada grupo. En la práctica, es uno de los métodos más empleados, ya que posee casi todas las ventajas del método promedio y suele ser más discriminativo en la determinación de los niveles de agrupación.

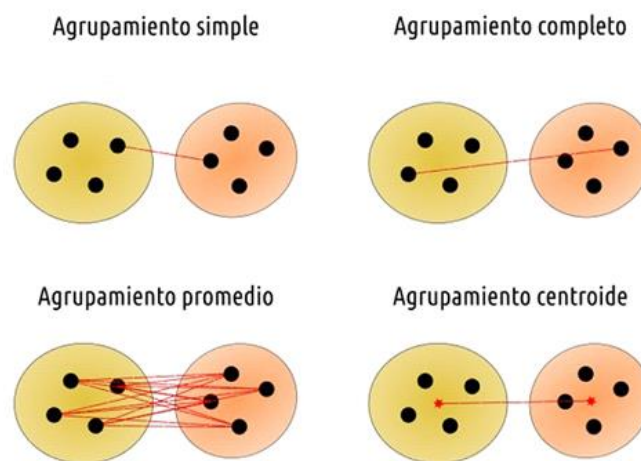


Figura 3.22: Esquema sobre los diferentes tipos de agrupamiento

Los métodos jerárquicos establecen numerosos grupos o clústeres los cuales pueden no ser útiles para el tipo de datos que estamos utilizando, por este motivo es importante seleccionar el número de grupos que establezcan diferencias significativas entre ellos, descartando el resto. Para calcular este número existen numerosos índices, como el de Calinski y Harabasz (CH), el de Cubic Clustering Criterion (CCC), el índice Pseudo t^2 o el de Davis y Bouldin (DB) entre muchos otros (Aldás & Uriel, 2017).

En los métodos no jerárquicos se conoce de antemano el número de k grupos que se desea obtener, asignándose cada observación a cada uno de ellos. De esta forma se maximiza la homogeneidad intragrupal y la heterogeneidad intergrupala. En el primer paso de este tipo

de métodos es establecer el centroide de los grupos que se desean obtener, utilizándose por ejemplo un análisis de conglomerados jerárquico anteriormente o dejando que un programa estadístico como R o SPSS calcule estos centroides a través de tres individuos al azar que posteriormente se va recalculando hasta obtener el número más óptimo. Una vez obtenido los datos del centroide de cada grupo cada observación se asigna al que su centroide sea más similar. Posteriormente se recalcula el valor del centroide del grupo y si su cambio respecto al valor del centroide original de cada grupo es mayor que un valor de criterio de convergencia preestablecido, entonces se vuelve al paso anterior hasta conseguir el criterio de convergencia. Dependiendo del tipo de datos y de los resultados que se busquen se recomiendan un tipo de análisis o realizar primero un análisis jerárquico, estableciendo posteriormente el número idóneo de clústeres y con los datos de los centroides de esos grupos realizar un análisis de conglomerados no jerárquico para maximizar la diferencia intra e inter grupales (Aldás & Uriel, 2017).

3.2.3.5 Análisis de correspondencias

Esta técnica estadística representa en un espacio multidimensional reducido la relación existente entre dos variables no métricas. Su finalidad es semejante al escalamiento dimensional, cambiando solamente en los datos que se utilizan. Este análisis muestra las diferencias entre los niveles de dos variables no métricas, por lo que se suele utilizar para visualizar tablas de contingencia (Aldás & Uriel, 2017).

El primer paso que se realiza es convertir los datos de las tablas de contingencia en porcentajes tanto horizontales como verticales, este resultado se denomina perfiles fila y columna. Con estos datos se calcula la masa de cada nivel en cada variable, que es el porcentaje de observaciones que tiene sobre el total; por lo tanto, tendrá más masa un nivel de una variable con 11 individuos que otro nivel de la misma variable con 3. El objetivo de la representación es agrupar a los niveles de la variable que se utilicen como filas entre ellos si son similares y alejarlos si son diferentes en sus frecuencias en los niveles de la variable utilizados como columnas. Para calcular estas distancias se utiliza el chi cuadrado entre los vectores de los perfiles fila y la masa de cada uno de ellos, ya que se utilizan como centroide. Los resultados obtenidos son la distancia euclidiana calculada con chi cuadrado de cada perfil al centroide (Catena Martínez et al., 2003).

Para calcular el análisis de correspondencia los datos de las tablas enfrentados se transforman en dimensiones, obteniendo tantas dimensiones como niveles tenga la variable utilizada como columna menos uno (un grado de libertad). Igual que en los componentes principales, la primera dimensión tiene más inercia, la segunda algo menos y así hasta completar el 100%. Por lo tanto, es importante tener esto en cuenta a la hora de realizar un gráfico, ya que normalmente se realizan gráficos bidimensionales con solo dos dimensiones, no representándose el resto de la inercia. Si la variable utilizada como

columna tiene tres niveles, el 100% de la inercia queda representado en dos dimensiones (García Pérez, 2005).

3.3 Test Metodológico

Las semillas de leguminosas tienen formas y volúmenes variados, dificultando su colocación para tomar las fotografías, por lo que es prácticamente imposible que una misma semilla se coloque exactamente igual en dos momentos diferentes. La selección de los dos puntos de referencia (landmarks) en cada vista también tiene cierta variabilidad y margen de error debido al factor humano. El estudio morfométrico aplicado en materiales arqueológicos se realizó en dos laboratorios distintos con dos equipos diferentes, que también pueden producir cierta distorsión en los datos. Para analizar cuantitativamente la variabilidad que generan todos estos factores se ha realizado un test metodológico que mide tanto el impacto del error humano en la toma de datos como las posibles diferencias creadas entre los dos equipos estereoscópicos utilizados. Se han analizado los posibles errores tanto en las variables de forma como en las de tamaño. En la bibliografía sobre morfometría geométrica aplicada en restos arqueobotánicos, se menciona algún test que comprueba estos errores (Terral et al., 2010), sin embargo solo en una publicación aparecen los resultados de este test (Jesus et al., 2021), en la mayoría de estudios se comprueba la eficiencia de los modelos predictivos directamente sobre los materiales actuales o arqueológicos. Esta falta de test y especialmente sus publicaciones en la aplicación de la morfometría geométrica en todas sus áreas de estudio ha sido remarcada en un reciente estudio específico sobre este tipo de comprobaciones (Evin et al., 2020).

Para su elaboración se han seleccionado 20 semillas arqueológicas que fueron fotografiadas y procesadas en cuatro sesiones diferenciadas temporalmente y llevadas a cabo en dos laboratorios distintos (dos en el ISEM de Montpellier y dos en la Universitat de Lleida, figura 3.23). Se han estudiado 5 semillas de lentejas procedentes de la unidad estratigráfica 1030 del yacimiento arqueológico de Font de la Canya (Avinyonet del Penedés, Barcelona), 5 habas de la UE 1055 y otras 5 de la UE 1054 del mismo yacimiento; y por último 5 guisantes de la UE 2018 de la Mola d'Agres (Agres, Alicante).



Figura 3.23: Misma semilla fotografiada con los equipos estereoscópicos. La imagen de la izquierda se realizó en Montpellier y la derecha en Lleida

3.3.1 Error de medición total (TME)

Para cuantificar estadísticamente los posibles errores en la obtención de datos sobre la forma se ha realizado un Análisis de la Varianza (ANOVA) de Procrustes mediante distribuciones generadas a partir de 1000 permutaciones de re-muestreo, ya que de esta forma se tiene en cuenta la aleatoriedad residual de las mismas (Del Médico & Vitelleschi, 2015). Este análisis se utilizó para ver si existen diferencias significativas entre las diferentes sesiones realizadas en un mismo laboratorio; entre los datos obtenidos en cada laboratorio, comparación que también sirve para analizar posibles diferencias entre los dos equipos estereoscópicos utilizados y entre una sesión de cada laboratorio entre ellas.

El Análisis de la Varianza de Procrustes utiliza las distancias de Procrustes entre los especímenes (en nuestro caso la distancia entre las semillas en cada una de las sesiones) en el cálculo de los ajustes del modelo lineal en lugar de las matrices de covarianza. Con este enfoque, la suma de las distancias Procrustes al cuadrado se utiliza como medida de la suma de los cuadrados (SS) (Goodall, 1991). Las sumas de los cuadrados observadas se evalúan mediante permutaciones, en este caso se utilizaron 1000 permutaciones de remuestreo. Este tipo de análisis es equivalente a los diseños de Análisis de la Varianza basados en la distancia (Anderson, 2001).

Se realizaron 14 comparaciones en las cuales se cruzaron diferentes datos analizándose siempre por separado las vistas ventrales y laterales (7 comparaciones por cada vista) dentro de las cuales se compararon las dos sesiones hechas en un mismo laboratorio, las semillas de las dos sesiones hechas en un mismo laboratorio, los laboratorios entre ellos, una sesión de cada laboratorio entre ellas y finalmente las 4 sesiones entre ellas (para más detalle ver la tabla 3.4 en el apartado de resultados).

En las comparaciones sobre las semillas de un mismo laboratorio o de las 4 sesiones en general, el Análisis de la Varianza (ANOVA) se realizó como paso previo para calcular el error de medición (ME por sus siglas en inglés), valor utilizado para cuantificar el error humano en publicaciones anteriores (Claude, 2008; Jesus et al., 2021). Sin embargo como en las cuatro sesiones diferentes se tomaron nuevas fotografías, el valor calculado se corresponde con el error de medición total (TME por sus siglas en inglés), definido actualmente en una publicación centrada en este tipo de cálculos (Evin et al., 2020). El error de medición se define como "la variabilidad de las mediciones repetidas de un carácter particular tomadas en el mismo individuo, en relación con su variabilidad entre individuos..." (Bailey & Byrnes, 1990). Con él se calcula el porcentaje exacto de la variabilidad generada por el error humano en la toma de los datos morfométricos (fotografiado, colocación, orientación y toma de landmarks) diferenciándolo de la variabilidad causada por los niveles del factor utilizado en el ANOVA. El resto del porcentaje (100%-ME) es la variabilidad causada por las diferencias morfométricas entre las diferentes semillas de una misma especie. A diferencia del análisis realizado en semillas de adormidera (Jesus et al., 2021) no se consideró analizar el ME por separado en cada fase del proceso de toma de datos, ya que al realizarse 4 sesiones fotográficas distintas se decidió obtener el TME total de todo el proceso.

Este porcentaje se ha obtenido al dividir la variabilidad intra-observación (V_{intra}) de la muestra en las diferentes sesiones fotográficas, entre la variabilidad inter-observaciones de la muestra (V_{inter}) y multiplicando el cociente obtenido por 100.

$$TME = \left(\frac{V_{intra}}{V_{inter}} \right) * 100$$

La variabilidad intra-observaciones (V_{intra}) se corresponde a las diferencias existentes entre una misma observación (una misma semilla en este caso) en las diferentes sesiones fotográficas realizadas. Esta variabilidad se corresponde con el valor del Cuadrado Medio de los residuos (MSE), que es el resultado de dividir la Suma de los Cuadrados de los residuos (SSE) entre el número de grados de libertad que estos tienen. A su vez, la Suma de los Cuadrados del residuo se obtiene sumando los cuadrados de las desviaciones de cada observación respecto a la media del nivel del factor al que pertenece (Barceló, 2007).

$$V_{intra} = \text{Cuadrado Medio de los residuos (MSE)}$$

$$MSE = \frac{\text{Suma de los Cuadrados de los residuos (SSE)}}{\text{Grados de Libertad (DF) de los residuos}}$$

La variabilidad inter-observaciones (V_{inter}) se corresponde a las diferencias existentes entre todas las observaciones de un mismo factor (semillas de una misma especie en este caso). Se ha calculado restándole al Cuadrado Medio del factor el Cuadrado Medio del residuo y dividiéndolo por el número de repeticiones, que en este caso se corresponde al número de sesiones fotográficas analizadas. El Cuadrado Medio del factor (MS) es el resultado de dividir la Suma de los Cuadrados del factor entre el número de grados de libertad que este tiene (número de niveles -1). A su vez la Suma de los Cuadrados del factor miden la diferencia de las medias entre los diferentes niveles del factor y se calcula sumando los cuadrados de las desviaciones de la media de cada nivel del factor respecto de la media general, ponderando cada diferencia al cuadrado por el número de observaciones de cada grupo (Barceló, 2007).

$$V_{inter} = \frac{\text{Cuadrado Medio del factor (MS)} - \text{Cuadrado Medio de los residuos (MSE)}}{N^{\circ} \text{ de repeticiones (sesiones fotográficas)}}$$

Tanto las Sumas de los Cuadrados como los Cuadrados Medios de ambos tipos se han calculado a través del Análisis de la Varianza de Procrustes. Estas sumas son los estadísticos claves sobre los cuales se obtienen el resto de valores de un ANOVA de cualquier tipo, como ya se ha visto en la sección metodológica.

3.3.2 MANOVAs sobre las medidas de tamaño

En los datos biométricos tradicionales de longitud anchura y grosor (variables de tamaño), obtenidos a través de las fotografías y de los landmarks, se ha realizado un Análisis Multivariante de la Varianza (MANOVA) para comparar si existen diferencias entre las medidas tomadas en las cuatro sesiones. Este análisis establece si existen diferencias significativas entre los equipos utilizados y la selección de landmarks. Se ha elegido el Análisis Multivariante de la Varianza ya que permite comparar más de una variable cuantitativa (tres en nuestro caso: longitud, anchura y grosor) y predictores categóricos (las sesiones fotográficas en este estudio). Este análisis tiene mayor potencia de predicción que la realización de tres ANOVAS individuales (uno por cada variable cuantitativa) ya que también utiliza la estructura de covarianza de los datos entre las variables de respuesta para probar la igualdad de medias al mismo tiempo, permitiendo detectar diferencias muy pequeñas si las variables de respuesta (en este caso las cuantitativas) están correlacionadas. El MANOVA también detecta si el factor tiene relación con las variables respuestas en conjunto y disminuye la probabilidad de rechazar

de manera incorrecta la hipótesis nula (Catena Martínez et al., 2003). Las tres medidas no se han transformado logarítmicamente para tener en cuenta los valores extremos marginales y ver si existen diferencias entre las cuatro sesiones. Sin embargo, para los modelos predictivos taxonómicos si se han utilizado los valores logarítmicos de estas variables para evitar los valores marginales, proceso habitual en los estudios de tamaño y forma con medidas tradicionales (Bouby et al., 2018; Bouby et al., 2013; Tarongi et al., 2021).

3.3.3 Resultados

3.3.3.1 Análisis descriptivos sobre las variables de forma

Se ha realizado un primer análisis de componentes principales para poder distribuir los dos primeros componentes gráficamente (figura 3.24), recogiendo la mayor cantidad de información posible. Al comparar los datos de cada especie en las tres sesiones, se aprecia como en las lentejas la tercera sesión presenta una distribución ligeramente diferente a las otras tres, mientras que en las habas es más o menos similar salvo en un individuo de la cuarta sesión. Los guisantes se distribuyen más o menos, aunque dos sesiones se distancian ligeramente de las otras dos.

Al comparar los diferentes laboratorios entre ellos se aprecian ciertas diferencias entre ambos lugares, pero son muy sutiles y puede deberse al factor humano y no a los datos obtenidos con los equipos disponibles.

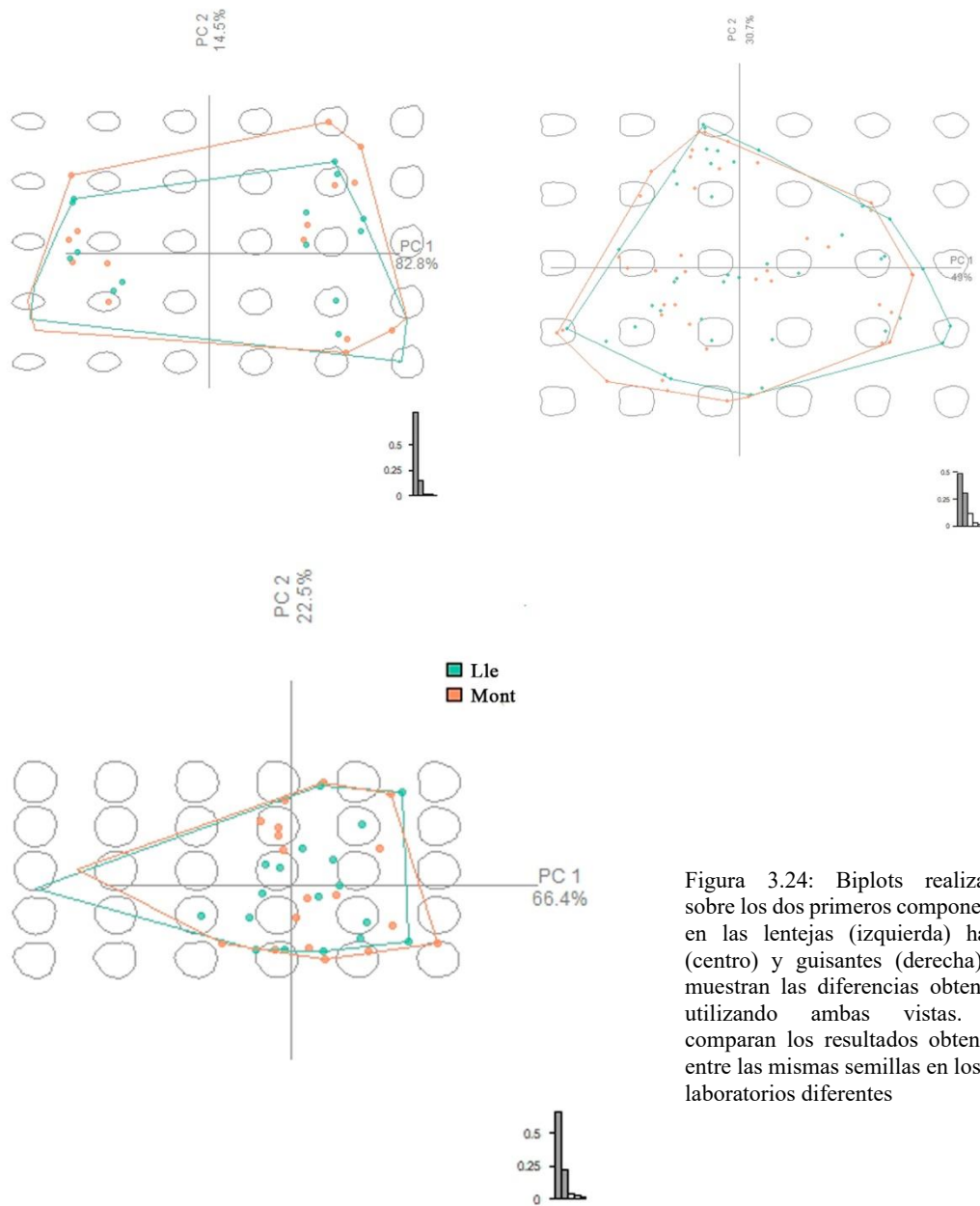


Figura 3.24: Biplots realizados sobre los dos primeros componentes en las lentejas (izquierda) habas (centro) y guisantes (derecha) Se muestran las diferencias obtenidas utilizando ambas vistas. Se comparan los resultados obtenidos entre las mismas semillas en los dos laboratorios diferentes

3.3.3.2 Análisis explicativos sobre las variables de forma

Cuando se acepta la hipótesis nula (H_0) de los resultados obtenidos en el Análisis de la Varianza de Procrustes significa que no existen diferencias significativas entre los parámetros comparados, mientras que si se acepta la hipótesis alternativa (H_1) sí que existen diferencias significativas entre ellos estableciendo el nivel de significancia en $\alpha = 0,05$.

En los resultados de las variables de forma del test (tabla 3.4) se observa como los valores de P de los diferentes Análisis de la Varianza de Procrustes realizados son mayoritariamente superiores a 0,05. En concreto en todas las comparaciones se acepta la hipótesis nula (H₀) salvo cuando se comparan las semillas entre ellas. Las diferencias significativas entre las comparaciones de semillas son completamente normales ya que este primer análisis únicamente nos indica que las diferentes semillas de una misma especie presentan diferencias estadísticas entre ellas. La aceptación de la hipótesis nula (H₀) tanto en la comparación entre sesiones como entre laboratorios muestra que los errores humanos y la utilización de diferentes equipos estereoscópicos no generan diferencias significativas entre cada sesión.

Comparación entre:	Laboratorio/ Sesiones	Vista	Valores	<i>Lens culinaris</i>	<i>Vicia faba</i>	<i>Pisum sativum</i>
Semillas	Montpellier	VV	Valor de p	0.001	0.001	0.008
			%Veh	23.21	11.51	36.96
			Num.	2	2	2
Semillas	Montpellier	VL	Valor de p	0.003	0.001	0.001
			%Veh	7.26	3.88	9.41
			Num.	2	2	2
Semillas	Lleida	VV	Valor de p	0.001	0.001	0.001
			%Veh	6.64	9.92	26.35
			Num.	2	2	2
Semillas	Lleida	VL	Valor de p	0.001	0.001	0.001
			%Veh	6.86	11.62	6.09
			Num.	2	2	2
Semillas	Mont & Lleida	VV	Valor de p	0.001	0.001	0.001
			%Veh	12.79	11.11	27.9
			Num.	4	4	4
Semillas	Mont & Lleida	VL	Valor de p	0.001	0.001	0.001
			%Veh	10.21	8.61	7.86
			Num.	4	4	4
Sesiones	Montpellier	VV	Valor de p	0.46	0.766	0.399
			%Veh	NA	NA	NA
			Num.	5	10	5
Sesiones	Montpellier	VL	Valor de p	0.904	0.994	0.966
			%Veh	NA	NA	NA
			Num.	5	10	5
Sesiones	Lleida	VV	Valor de p	0.944	0.998	0.905
			%Veh	NA	NA	NA
			Num.	5	10	5
Sesiones	Lleida	VL	Valor de p	0.953	0.996	0.958
			%Veh	NA	NA	NA
			Num.	5	10	5
Laboratorios	Mont & Lleida	VV	Valor de p	0.978	0.656	0.79
			%Veh	NA	NA	NA
			Num.	10	20	10
Laboratorios	Mont & Lleida	VL	Valor de p	0.856	0.74	0.622
			%Veh	NA	NA	NA
			Num.	10	20	10
Laboratorios	Sesion 1 y Sesion 3	VV	Valor de p	0.743	0.569	0.848
			%Veh	NA	NA	NA
			Num.	5	10	5
Laboratorios	Sesion 1 y Sesion 3	VL	Valor de p	0.9615	0.854	0.772
			%Veh	NA	NA	NA
			Num.	5	10	5

Tabla 3.4: Resultados de ANOVA y error de medición

Entre todas las comparaciones hechas con la hipótesis nula aceptada, se observa como en algunos casos el valor de P es más alto que en otros. En concreto, los valores de P en las vistas laterales son más altos que en las ventrales, por lo que existe menos probabilidad de errores humanos en estas primeras, confirmándose una mayor sencillez en la colocación de las semillas en su cara lateral, generando menos errores que la vista ventral. Los valores de P al compararse los laboratorios entre ellos muestran como las lentejas presentan menos variabilidad que las habas y los guisantes, por lo que los errores humanos en la primera especie tienen menos probabilidades de generar errores estadísticos. En el gráfico de dispersión (Figura 3.25) del Componente Principal 1 (PC1) y 2 (PC2) de la forma de las semillas se aprecia cómo las mismas semillas de guisantes se encuentran más alejadas entre ellas que el resto. Para analizar estos detalles en profundidad se calculó el error de medición (TME), comparándose las dos sesiones de cada laboratorio entre ellas y finalmente las cuatro sesiones en conjunto. Este cálculo establece que porcentaje de la variabilidad existente en el patrón estadístico de un taxón concreto se debe al error humano y cual se debe a las diferencias morfológicas entre las diferentes semillas de una misma especie.

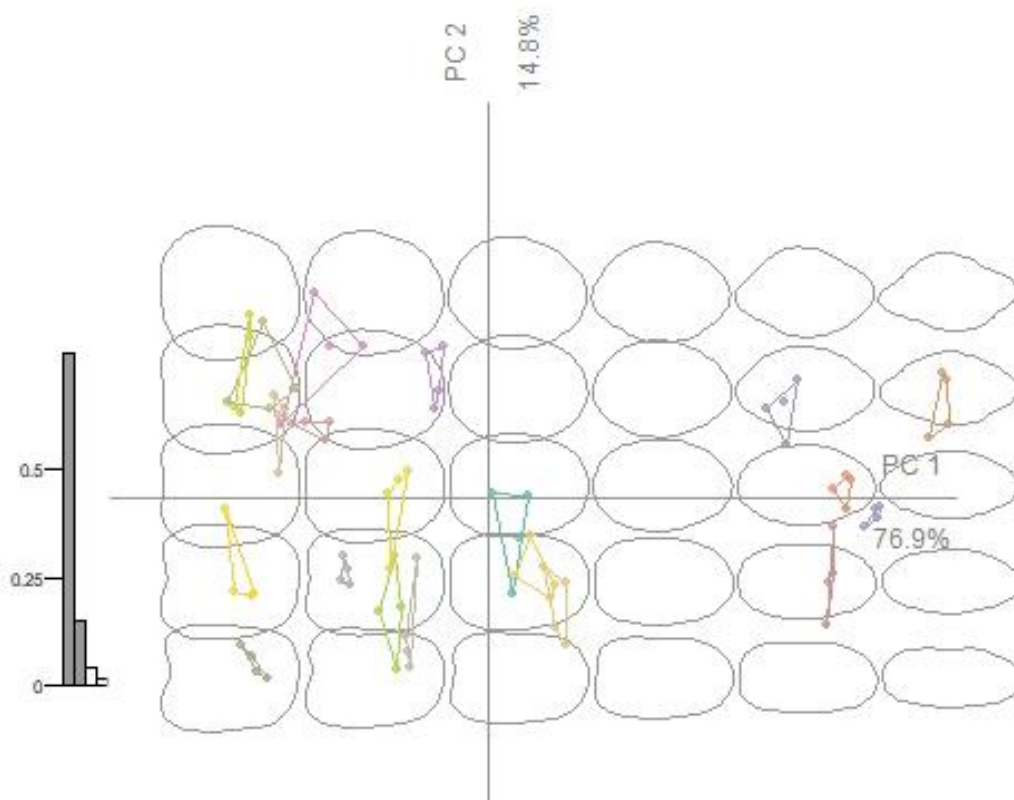


Figura 3.25. Biplot con los datos del PC1 y PC2 de cada semilla en las 4 sesiones realizadas. Cada color representa a una misma semilla en las diferentes sesiones, las diferencias existentes en el eje y (14,8% de la variabilidad) son mucho menos importantes que las del eje x (76,9%), por lo tanto, las diferencias observadas son menores que las representadas en este gráfico

Los resultados del error total de medición de las semillas (TME) cuando se compararon las dos sesiones realizadas en cada laboratorio muestran algunas diferentes entre ellas. Se observa como este índice es más alto cuando se comparan los dos test realizados en Montpellier entre ellos que los realizados en Lleida (tabla 3.4). Este cambio indica un menor error humano entre las sesiones realizadas en Lleida, hecho que podría deberse tanto a la mejora en el posicionamiento de las semillas como a la toma de los landmarks. Este perfeccionamiento podría corresponderse a que las sesiones realizadas en Montpellier fueron al comienzo de esta parte de la investigación y prácticamente eran las primeras semillas analizadas; mientras que las que se realizaron en Lleida se produjeron varios meses después, cuando ya habían sido estudiadas centenares de semillas de diferentes yacimientos y existía una mayor práctica. El análisis de la variabilidad de las semillas en las cuatro sesiones ha generado resultados menores que en las otras dos comparaciones, únicamente la vista ventral de los guisantes supera el 13 por ciento (27,9%), por lo que al aumentar el tamaño muestral la variabilidad debido al error humano disminuye significativamente. Este hecho es muy positivo ya que prácticamente la totalidad de la variabilidad inter-específica observada se debe a las diferencias en la forma de las semillas de una misma especie y no al error humano.

Los valores del error total de medición (TME) son relativamente bajos en todos los valores de la vista lateral (el valor más alto observado es del 11,62% en las lentejas de las dos sesiones realizadas en Lleida). Sin embargo, en la vista ventral de los guisantes los valores de las tres comparativas superan el 25% (36,96% entre las sesiones de Montpellier, 26,35 entre las de Lleida y un 27,9% entre las 4 sesiones) a pesar de ser valores altos, se aprecia como la mejora de la experiencia en la colocación de la semilla y el aumento del tamaño muestral mejoran estos datos reduciéndose a un valor aceptable para nuestro estudio. Las diferencias que encontramos entre cada especie indican cuales presentan menos problemas a la hora de colocarlas orientarlas y fotografiarlas. Como ya se intuía con el valor de P, se observa como las vistas laterales de las tres especies casi no presentan variabilidad en las diferentes sesiones, sin embargo, las vistas ventrales de los guisantes en los tres análisis mostraron una mayor variabilidad causada por el error humano. En las lentejas la vista ventral de las sesiones realizadas en Montpellier presenta un error de medición del 23,21%, pero en las sesiones de Lleida fue casi inexistente (6,64%) mientras que al comparar las 4 sesiones y aumentar el número muestral se generó una variabilidad intermedia (12,79%). Tanto la vista lateral como la ventral de las habas han aportado muy poca variabilidad en todas las sesiones, con un máximo de 11,62% en las vistas laterales de las sesiones realizadas en Lleida y un mínimo de 3,88% en las vistas laterales de las sesiones de Montpellier. En definitiva, la colocación de las semillas de habas genera muy pocos problemas, las lentejas algo más mientras que la vista ventral de los guisantes es en la que más errores se han observado. Este hecho podría estar causado por la esfericidad de los guisantes, la cual complica su colocación y orientación. Si comparamos los resultados de error total de medición obtenidos por las leguminosas, son bastante menores que los observados en las semillas de adormidera, donde los errores de posicionamiento de las semillas tienen un rango del 68 al 85%, aunque disminuyen en el proceso de limpieza de las fotos (15 a un 46%) siendo bajos en la toma de landmarks (de

7,5 al 19,7%) (datos obtenidos de Jesus et al., 2021). Aunque no podemos comparar nuestros datos al obtenerse en conjunto y no en cada fase, nuestro margen de error se sitúa en el mínimo que se obtuvo en las amapolas.

3.3.3.3 Variables de tamaño

El Análisis Multivariante de la Varianza (MANOVA) realizado en las variables de tamaño ha sido comprobado con los test de la traza de Pillai-Bartlett, la lambda de Wilk, la traza de Lawley-Hotelling y la raíz mayor de Roy. Estas cuatro pruebas multivariadas son las estipuladas para comprobar la efectividad del MANOVA y ver si se acepta la hipótesis nula o alternativa; como los ANOVA, se basan en el valor de Fisher (F) y el valor de P. También se ha comprobado los resultados con un Análisis de la Varianza para cada variable dependiente y un Análisis Lineal Discriminante (LDA) como se aconseja en los análisis de MANOVA (tabla 3.5) (Catena Martínez et al., 2003).

Los resultados de los cuatro test (todos tienen un valor de P de 0,9999, salvo el test de la raíz de Roy que ha sido de 0,8759) muestran que prácticamente no hay diferencias entre las varianzas de las cuatro sesiones fotográficas (tabla 3.5). Los valores de los ANOVA realizados para cada variable de tamaño han aportado valores de P desde 0,9981 para el grosor a 0,9999 para la longitud, por lo que de nuevo prácticamente no existen diferencias entre la varianza de las 3 variables por separado. Según el Análisis Lineal Discriminante (LDA) cada semilla tiene una probabilidad de pertenencia a cada sesión muy cercana del 25 por ciento para cada test (tabla 3.5), este dato es el mínimo que se puede obtener en el caso de una variable independiente de 4 niveles (una cuarta parte para cada uno) por lo que el LDA no ha sido capaz de encontrar diferencias entre las cuatro sesiones, confirmando de nuevo la no existencia de diferencias estadísticas significativas entre las sesiones fotográficas.

MANOVA		
Prueba	Sesiones	Lab.
	Valor P	Valor P
Pillai-Bartlett	0.9999	0.9029
Wilk	0.9999	0.9029
Lawley-Hotelling	0.9999	0.9029
Roy	0.85759	0.9029

ANOVA				
Variable de tamaño	Sesiones		Laboratorios	
	Valor P	R2 Ajustado	Valor P	R2 Ajustado
Longitud	0.9999	-0.03942	0.9702	-0.0128
Anchura	0.9998	-0.03935	0.9257	-0.01271
Grosor	0.9981	-0.03896	0.8688	-0.01246

LDA							
Sesiones				Laboratorios			
%	%S1	%S2	%S3	%S4		%Mont	%Lle
S1	25.7	25.2	24.55	24.6	Mont	50.525	49.475
S2	25.15	25.2	24.95	24.85	Lle	49.475	50.525
S3	24.65	24.85	25.14	25.1			
S4	24.65	25	25.25	25.1			

Tabla 3.5: resultados del Manova, Anova y LDA de las medidas de tamaño del test

A pesar de que no existen diferencias estadísticas significativas entre las sesiones y los laboratorios, sí que podemos ver que se producen ciertas diferencias entre las dimensiones en cada sesión (figura 3.26), hecho que aumenta si comparamos los laboratorios entre ellos. Estas diferencias son sobre todo en los valores máximos y mínimos, teniendo valores medios y desviaciones típicas más similares entre ellas. En la tabla 3.5, también se puede observar más semejanza en las sesiones realizadas en un mismo laboratorio, tanto en los resultados del ANOVA (el valor de P de los laboratorios es menor al de las sesiones) como en el LDA. Esta diferencia más marcada entre laboratorios podría deberse a la mejora de la técnica, como ya se ha descrito anteriormente, o por la utilización de dos equipos estereoscópicos diferentes. Sin embargo, estas diferencias son tan pequeñas que no generan diferencias estadísticas significativas, por lo que no se han realizado más sesiones de test y calibraciones al considerar estos resultados metodológicos muy buenos.

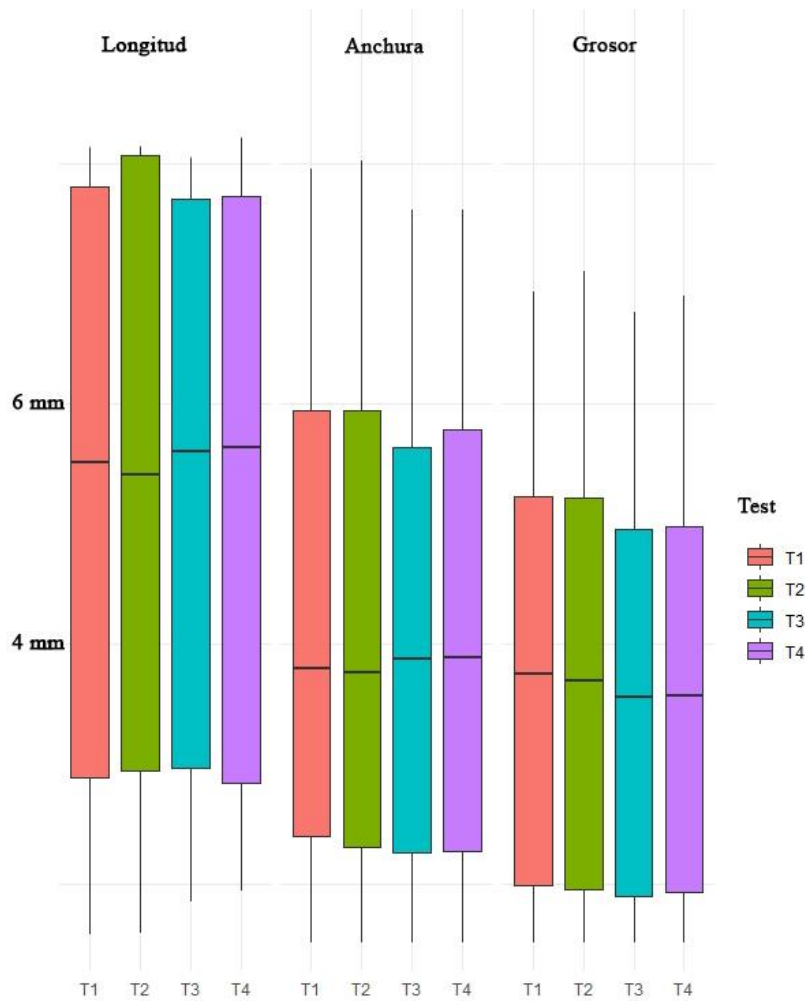


Figura 3.26: Diagramas de cajas con la longitud anchura y grosor obtenidas en cada una de las sesiones fotográficas

Durante el comienzo de la investigación predoctoral se comenzó a realizar la medición de las distancias de tamaño manualmente a través de un microscopio estereoscópico y una escala introducida en el ocular de la misma. El total de individuos estudiados manualmente fue de 615 de los 7272 totales, cesando este tipo de medición tras comenzar el fotografiado de las semillas. Sin embargo, este trabajo que finalmente fue innecesario, ha permitido contrastar la efectividad de la obtención de medidas a través de las fotografías. De estos 615 individuos se disponen tanto las medidas obtenidas de la morfometría geométrica como las obtenidas ocularmente, obteniendo para ambas mediciones valores muy similares, confirmando la eficiencia de la metodología aplicada para obtener los datos de tamaño.

3.3.4 Conclusiones

Los resultados del test metodológico en las variables de forma y tamaño confirman la no existencia de diferencias significativas entre las diferentes sesiones fotográficas ni tampoco entre los diferentes equipos que se han utilizado para el estudio. Por lo que a pesar de que existe un cierto error humano, su impacto es muy bajo y no crea diferencias estadísticas que puedan ser significativas en los modelos predictivos utilizados. Por último, se ha podido establecer que dentro del rango estadístico de un taxón concreto, el error de medición está entre un 8,61 y un 12,79%, con la excepción del 27,9% de la vista ventral de los guisantes (probablemente este porcentaje sea algo menor por los motivos descritos anteriormente), pudiendo demostrar que la gran mayor parte de la variabilidad estadística dentro del patrón establecido para un taxón concreto se debe a las diferentes formas y tamaños que presentan las semillas dentro de una misma especie y no al error ocurrido durante la toma de datos.

Tras la realización de este test se ha comprobado la alta efectividad de este método de fotografiado y toma de landmarks para realizar un análisis de morfometría geométrica a través del análisis de contorno en semillas de leguminosas arqueológicas. Con estos datos se decidió aplicar este tipo de análisis tanto en la experimentación de carbonización de semillas actuales como en el estudio realizado en semillas arqueológicas de leguminosas.

3.4. Experimentación Carbonización

3.4.1 Concepto y estudios previos

La arqueología experimental se ha aplicado en muchas áreas diferentes de la arqueología, recreando procesos pasados en la actualidad. En arqueobotánica esta disciplina también ha estado presente desde finales del siglo XIX, especialmente la carbonización de materiales modernos. Las primeras experimentaciones en las cuales se utilizaron semillas modernas comienzan ya en el siglo XIX por investigadores suizos y alemanes, siendo el trabajo de Heer de 1866 el primero de todos (Heer, 1866), confirmando con esta experimentación que las semillas encontradas en Robenhausen (Suiza) estaban carbonizadas. Wittmack publicó en 1886 una experimentación realizada con semillas mezcladas con arena colocadas en crisoles de platino para no someterlas directamente al fuego, descubriendo el ensanchamiento de los cereales y la pérdida de la testa de las leguminosas (M.E. Kislev & Rosenzweig, 1989). Las investigaciones de Neuweiler en 1905, fueron las primeras en describir las diferencias entre las semillas antes y después de secarlas y carbonizarlas, pero no describió la temperatura y el tiempo empleados durante el proceso de carbonización. Helbaek en 1952 fue el primero en medir

temperatura y tiempo; en su experimentación secó y carbonizó manzanas, descubriendo que los individuos de esta especie encontrados en Dinamarca y datados en la edad del Bronce se secaban antes de almacenarlos (Helbæk, 1952). Tellez y Ciferri carbonizaron trigos actuales para ver sus semejanzas con los arqueológicos, con tiempos y temperaturas controladas. Descubrieron que los trigos carbonizados a más de 200 grados presentan unas cicatrices características que también tienen los arqueológicos. Su investigación concluyó que la carbonización conduce a un acortamiento de los granos de trigo sobre un 15% en la longitud y anchura, pero no en el grosor, cambiando a formas más redondeadas (Tellez, R. Ciferri, 1954). Hopf llegó a la misma conclusión carbonizando tanto trigos vestidos como cebada vestida y desnuda a 220°, apreciando el aumento de la esfericidad después de la carbonización (M.E. Kislev & Rosenzweig, 1989).

A partir de este momento se publican numerosos estudios experimentales en los cuales se investigan diferentes cuestiones como los cambios en las dimensiones y la forma (Bonhomme et al., 2017; Charles et al., 2015; Smith & Jones, 1990), en el peso (Ferrio et al., 2004) o en las composiciones químicas (Braadbaart, et al., 2004; Braadbaart et al., 2004; Brinkkemper et al., 2018; Caracuta et al., 2015; Charles et al., 2015; Kanstrup et al., 2012) entre otras publicaciones. Otros trabajos se focalizan en cómo los diferentes procesos agrícolas pueden afectar a los restos arqueobotánicos (Antolín, 2012; Berihuete-Azorín & Antolín, 2012; López-Dóriga, 2015; Valamoti et al., 2011), sobre contextos arqueológicos (Antolín, 2012; Guarino & Sciarrillo, 2004; Jacomet et al., 2002) o en la mejora de la identificación taxonómica a través de la morfometría geométrica (Bonhomme et al., 2017; Bouby et al., 2018; Ros et al., 2014; Ucchesu et al., 2016; Wallace et al., 2018). Esta última aplicación es muy similar a la que aplicaremos en este apartado.

Las especies cultivadas estudiadas son numerosas ya que existen experimentaciones de carbonización en numerosas especies de cereales como en cebada (Antolín, 2012; Boardmana & Jones, 1990; Bonhomme et al., 2017; Guarino & Sciarrillo, 2004; Ros et al., 2014; Wallace et al., 2018) en trigo harinero (Antolín, 2012; Boardmana & Jones, 1990; Braadbaart, 2008; Braadbaart et al., 2005; Guarino & Sciarrillo, 2004) en trigo farro (Boardmana & Jones, 1990; Bonhomme et al., 2017; Braadbaart, 2008; Braadbaart et al., 2005; Braadbaart et al., 2004; Braadbaart & van Bergen, 2005; Charles et al., 2015) en la escanda (Boardman & Jones, 1990; Bonhomme et al., 2017; Charles et al., 2015; Valamoti, 2002), en el trigo duro (Braadbaart et al., 2005; Braadbaart & van Bergen, 2005; Guarino & Sciarrillo, 2004) y espelta (Berihuete-Azorín et al., 2019; Boardmana & Jones, 1990); también se han carbonizado semillas de mijo (Märkle & Rösch, 2008) en panizo (García-Granero et al., 2016; Märkle & Rösch, 2008; Walsh, 2017) y por último en centeno y avena (Guarino & Sciarrillo, 2004).

También se han realizado experimentaciones en semillas de frutales como en la uva (Bouby et al., 2018; Guarino & Sciarrillo, 2004; Ucchesu et al., 2016), en avellanas (Berihuete-Azorín & Antolín, 2012; López-Dóriga, 2015), manzanas (Helbæk, 1952), u olivas (Evi Margaritis & Jones, 2008; Marinova et al., 2011). Otras especies carbonizadas

experimentalmente son el girasol (Braadbaart et al., 2007) el lino, la adormidera y el cannabis (Märkle & Rösch, 2008).

3.4.2 Carbonización de semillas de leguminosas

Aunque no ha sido la familia más estudiada existen bastantes estudios sobre el proceso de carbonización en especies de leguminosas. Uno de los primeros investigadores en estudiar el efecto de la carbonización en el tamaño de diferentes leguminosas fue Rosenzweig en 1977, en una investigación realizada durante los estudios de Máster (Rosenzweig, 1977), que fue publicada en forma de artículos posteriormente (M.E. Kislew & Rosenzweig, 1989). Carbonizaron lentejas, garbanzos, guisantes, alholvas, yeros y habas a temperaturas comprendidas entre 300 y 1000 grados durante una hora. Los resultados mostraron una reducción gradual de las dimensiones hasta que a partir de cierta temperatura ya no se reducen más. En 2004 y 2005 Braadbaart publicó dos estudios con semillas de esta familia; en el primero se utilizaron guisantes (Braadbaart et al., 2004) que se sometieron a temperaturas entre 130 y 700 grados durante una o dos horas, a diferencia de las otras experimentaciones estas semillas se colocaron en tubos de vidrio con un flujo constante de nitrógeno, las muestras generales se utilizaron para medir la pérdida de peso y la composición química, no se menciona si las semillas se rompen a altas temperaturas, ya que las medidas de tamaño solo se tomaron en la carbonización a 230 grados con tiempos comprendidos entre 7,5 y 120 minutos. En la otra publicación se compara la carbonización de guisantes con trigos en procesos muy similares al caso anterior, describiéndose comportamientos muy similares salvo que los cereales al tener el pericarpio, contienen más el agua en su interior produciendo un mayor hinchamiento de las semillas (Braadbaart & van Bergen, 2005).

Existe una publicación en la cual la experimentación se realizó fuera de un laboratorio, intentando recrear las condiciones más similares a un incendio dentro de una cabaña protohistórica, además de recrear combustiones al aire libre (Guarino & Sciarrillo, 2004). Para realizar la carbonización se utilizaron semillas de cereales (cebadas; trigos harineros y duros; avenas y centenos) de leguminosas (garbanzos, habas y lentejas) y de frutales (uvas). Se concluyó que las leguminosas resisten mejor el tratamiento por calor que los cereales, ya que recuperaron más porcentaje de estas semillas. Sin embargo, no se carbonizaron conjuntamente, separando en diferentes áreas las leguminosas de los cereales, por lo que los factores ambientales podrían influir en esta sobrerrepresentación. Tampoco se especifican cómo se recuperaron los restos después de la carbonización, no describiéndose la luz de las cribas utilizadas para recuperar los individuos, factor que puede influir al ser las leguminosas más grandes que los cereales y que explicaría por qué las lentejas son las leguminosas menos conservadas.

Otro estudio carbonizó semillas de trigo harinero y lentejas. Las primeras semillas se seleccionaron en diferentes etapas de su procesamiento agrícola, mientras que las lentejas

se carbonizaron una vez ya obtenidas. Todos los individuos se carbonizaron en laboratorio a bajas temperaturas (una primera sesión de 150 grados durante 20 minutos, luego a 180° durante 60 minutos, elevándola a 200° durante 40 minutos y finalmente a 250° durante 45 minutos) y posteriormente se enterraron o dejaron al aire libre durante un mes (Antolín, 2012). Con este análisis se concluyó que las lentejas se carbonizan algo menos que los cereales a bajas temperaturas, pudiendo ocasionar una infra-representación en el registro arqueológico.

Una experimentación investigó el efecto que puede tener las diferentes formas de preparación de alimentos en las semillas de almortas y yeros. La comparación de los restos de las especies modernas una vez puestos a remojo, hervidos y carbonizados (Valamoti et al., 2011); sugieren que las concentraciones de restos de cotiledones cóncavos de estas especies se deben a un posible tratamiento de remojo y hervido que eliminaría la mayoría de componentes tóxicos de estas especies.

Un estudio más reciente ha comprobado los efectos de la carbonización en semillas de habas tanto en su tamaño como en su composición isotópica. Los resultados después de carbonizarlas a 200° centígrados durante 4 y 6 horas, a 250° durante 2 y 4 horas y a 300 grados durante 30 minutos; demostraron que a partir de 250 grados el 33% de las semillas se rompen y a partir de 300° la totalidad de las mismas (Caracuta et al., 2015).

El último estudio publicado se focaliza en semillas de judías (*Phaseolus vulgaris*) carbonizándolas a temperaturas comprendidas entre 200 y 400° con intervalos de 20° y durante 2 horas. Posteriormente se midió la fuerza necesaria para obtener los cotiledones si era posible (Hart, 2021). Se obtuvo que las judías pueden conservarse carbonizadas a bajas temperaturas, siendo más complicada a temperaturas superiores a 300° y especialmente si antes se han tratado con agua.

3.4.3 Objetivos

Con los datos anteriores se observaron varias contradicciones generadas sobre la resistencia de las leguminosas a los tratamientos térmicos. Salvo en los experimentos de Braadbaart (Braadbaart, 2008; Braadbaart et al., 2004; Braadbaart & van Bergen, 2005) y la experimentación en exteriores (Guarino & Sciarrillo, 2004), el resto se realizaron en un laboratorio con características muy similares, colocando las semillas en crisoles cerámicos, previamente envueltas en aluminio en algunos casos, y enterradas en arena para crear condiciones reductoras. Sin embargo, en la experimentación de Rosenzweig se conservan habas a más de 600° mientras que en Caracuta et al., 2015 se desintegran a 300°. Si se tiene en cuenta este último dato y se compara con la resistencia de los trigos vestidos a más de 400° (Charles et al., 2015), se podría considerar que al menos las habas son menos resistentes que estos trigos, sin embargo en la experimentación de Guarino y Sciarrillo, se observa lo contrario (aunque ya vimos que puede deberse a otros motivos).

Estos hechos, tal vez causados por la falta de unos protocolos generales en este tipo de experimentación que permitiese comparar los resultados obtenidos entre diferentes estudios; ya se observada en publicaciones previas (Berihuete-Azorín et al., 2019). Para evitar estos problemas nuestro estudio ha intentado utilizar los protocolos establecidos en esta y otras publicaciones recientes (Caracuta et al., 2015; Charles et al., 2015), adaptándolos a las necesidades concretas de nuestro caso.

Por estas razones se decidió realizar una experimentación en la cual se carbonizasen conjuntamente especies de cereales y leguminosas, con la intención de observar la resistencia de cada especie a los tratamientos de calor y determinar los cambios que se producen a diferentes temperaturas en cada una de ellas. Con este análisis se esperan obtener datos útiles para interpretar los procesos tafonómicos en leguminosas además de aportar nuevos datos que permitan describir los cambios de cada especie durante la carbonización, hecho que puede mejorar la comparación taxonómica entre especies actuales y arqueológicas carbonizadas.

3.4.4 Metodología de la experimentación

Para estudiar las diferencias exactas que desarrollan cada uno de los 10 taxones descritos en el apartado 2.1, se colocó un individuo de cada uno de ellos, siempre que fue posible, en cada uno de los crisoles. De este modo se obtuvieron factores ambientales iguales entre las semillas colocadas en un mismo crisol durante una misma sesión. Para cuantificar todos los cambios en la forma y el tamaño se aplicó la morfometría geométrica a través del contorno con las transformaciones de Fourier ya descrita en el apartado 2.2.2. Algunas de las sesiones se realizaron con atmósfera reductora, envolviendo las semillas con papel de aluminio siguiendo la metodología de otros estudios (Berihuete-Azorín et al., 2019; Bonhomme et al., 2017; Charles et al., 2015) cubriéndose posteriormente con arena de mar lavada, comercializada por Chemsavers con el número de referencia 211160.1211. El resto de sesiones fueron realizadas en una atmósfera oxidante, colocando las semillas directamente sobre los crisoles sin ningún tipo de preparación más.

La carbonización se llevó a cabo en el laboratorio de *Anàlisi de sòls, aigües, material vegetal i residus orgànics* del *Departament Medi Ambient i Ciències del Sòl* de la Universitat de Lleida. El horno tipo mufla utilizado fue el modelo HERON/12-PR en el cual se colocaron los de crisoles de porcelana del mismo laboratorio (figura 3.27).



Figura 3.27: Horno tipo mufla del laboratorio de Anàlisi de sòls, aigües, material vegetal i residus orgànics

La experimentación se realizó en 17 sesiones con temperaturas comprendidas entre 180 y 420°, con una duración de 6 o 12 horas y una atmósfera reductora u oxidante. Se han utilizado diez individuos de cada taxón en cada una de las muestras, colocándose una semilla de cada uno en cada crisol. De esta forma se utilizaron diez crisoles por sesión con 10 semillas de diferentes taxones en cada crisol, así fue posible identificar por separado cada individuo, pudiéndolo fotografiar antes y después de la carbonización, cuantificando el cambio exacto de cada uno en cada sesión (figura 3.28). De trigo, cebada, guisantes, yeros y vezas se utilizaron 10 semillas en cada una de las 18 sesiones con un total de 180 semillas de cada especie. Las lentejas microespermas se utilizaron en todas las sesiones salvo en la realizada a 250° durante 12 horas con atmósfera reducida y en la sesión realizada a 400° durante 12 horas con atmósfera reducida, en las cuales se utilizaron 5 individuos en lugar de 10. Las lentejas macroespermas se utilizaron igual que las anteriores salvo en la sesión de 180° y en la realizada a 300° durante 6 horas con atmósfera reductora. Como casi no se disponían de semillas de almortas de monte se decidió carbonizar solo 5 individuos en la sesión de 180° y otras 5 en la realizada a 400° durante 12 horas y en atmósfera reductora. Las almortas se utilizaron en todas las sesiones, aunque en las que se carbonizaron 5 almortas de monte se utilizaron solo 5 individuos. Por último, las habas se utilizaron en todas las sesiones salvo en la realizada a 180°.



Figura 3.28: Semillas en ambiente reductor después de prepararse y una vez ya colocadas en la mufla

Los rangos de temperatura se fueron estableciendo sobre la experimentación dependiendo de los resultados obtenidos. La temperatura más baja aplicada fue de 180° durante 12 horas y en una atmósfera reductora, como estos individuos no se carbonizaron en su totalidad se decidió realizar la siguiente sesión a 230° durante 12 horas y en una atmósfera reductora, con individuos ya prácticamente carbonizados, aunque no en su totalidad, aumentado la temperatura a 250°. En este rango se realizaron dos sesiones, ambas de 12 horas, pero una con una atmósfera reductora y otra oxidante. A partir de esta temperatura se realizaron 3 sesiones diferentes (una con atmósfera oxidante durante 12 horas y dos reductoras durante 6 y 12 horas) en cada grado de temperatura, establecidos en 300°, 350°, 380° y 400°, disminuyendo el aumento de temperatura conforme más deformación se producía en los restos (tabla 3.6). Se realizó una sesión a 420° durante 6 horas en una atmósfera reductora para confirmar los datos obtenidos a 400°. Por último, se decidió desarrollar una sesión especial en la cual las semillas se fotografiaron en

seco, después se dejaron en remojo con agua corriente durante 24 horas, volviéndolas a fotografiar en ese estado y finalmente se carbonizaron con una pequeña cantidad de agua a 250° durante 12 horas, volvieron a fotografiar una vez acabado el proceso. Con esta última sesión se quiso comprobar si se pueden conservar las semillas remojadas previamente ya que la etnografía nos muestra que era y es una práctica habitual en el procesado de estas semillas (Butler, 1992; Valamoti et al., 2011).

La adquisición de datos para el posterior análisis a través de la morfometría geométrica se realizó siguiendo los pasos descritos en la sección 2.2., utilizando en este caso únicamente el equipo estereoscópico de laboratorio de arqueología de la Universitat de Lleida.

Temperatura	Tiempo	Atmósfera
180°	12 h	Reductora
230°	12 h	Reductora
250°	12 h	Oxidante
250°	12 h	Reductora
250°	12 h	Embebida
300°	6 h	Reductora
300°	12 h	Oxidante
300°	12 h	Reductora
350°	6 h	Reductora
350°	12 h	Oxidante
350°	12 h	Reductora
380°	6 h	Reductora
380°	12 h	Oxidante
380°	12 h	Reductora
400°	6 h	Reductora
400°	6 h	Oxidante
400°	12 h	Reductora
420°	6 h	Reductora

Tabla 3.6: Muestras realizadas a diferentes temperaturas, tiempos y atmósferas

3.4.5 Resultados

3.4.5.1 Conservación

Antes de realizar los análisis morfo-geométricos se ha observado que especies resisten mejor los tratamientos con altas temperaturas. El trigo es la especie que mejor resiste, calcinándose únicamente tres semillas, la primera en la sesión 13 (380°, 12 horas), la segunda en la 17 (400°, 12 horas) y la tercera en la 18 (420°, 6 horas), con un índice de conservación del 98%. La cebada le sigue muy de cerca, perdiendo únicamente 4 semillas; el primer individuo en la sesión 13, otro en la 17 y dos en la 18, con un índice de conservación del 98%. Como vemos, ambas especies de cereales resisten bien las altas temperaturas y pierden individuos en las mismas sesiones, correspondientes a 380° durante 12 horas y con atmósfera oxidante; a 400° durante 12 horas y atmósfera reductora y a 420°. Estos datos podrían indicar una mayor resistencia de las semillas en ambientes reductores, ya que las sesiones de 380° con ambiente reductor conservan todos los individuos de cereales, pero no en el ambiente oxidante. A partir de 400° parece ser el tiempo de exposición el que favorece la conservación, ya que solo se pierden individuos en la sesión de 12 horas (tabla 3.7, para más detalle consultar todos los datos en el Anexo VIII).

La leguminosa que más resiste la carbonización a altas temperaturas es la lenteja microesperma, conservando un 89% de los individuos después de la experimentación (pierde un total de 19 sobre 170). Las primeras semillas se rompieron a 350 grados, 1 en atmósfera oxidante y otra en reductora a 12 horas de exposición. Continúa con 2 individuos a 380° en ambiente oxidante y uno en reductor; de nuevo todas las semillas de la sesión de 6 horas se conservaron. En las sesiones de 400° se perdieron 10 individuos, especialmente en la sesión de 12 horas. A 420° cuatro de las diez lentejas se calcinaron.

El yero tiene una conservación muy similar a la lenteja microespermica con un porcentaje de conservación del 88%, comenzando a perder semillas a 350° en la sesión reductora a 12 horas (sesión 9). En la sesión de 380° oxidante se calcinaron 4 yeros, pero en el resto de sesiones de esta temperatura no tuvo pérdidas. A 400° 4 individuos se calcinaron en la sesión oxidante durante 6 horas y 5 en la reductora de 12 horas, pero ninguna en la reductora de seis horas. Por último, en la sesión de 420° 7 semillas se calcinaron.

Muestra	Temp.	Tiempo	Atm.	Estado	Leguminosas										Cereales							
					Lcic		Lsat		Lculm		LculM		Pstat		Verv		Vfab		Vsat		Hvul	Tdur
					sem	c	sem	c	sem	c	sem	c	sem	c	sem	c	sem	c	sem	c	sem	sem
1	180	12	RED	Ori. Car. %	5 5 100%	5 5 100%	10 10 100%		10 10 100%	10 10 100%		10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
2	230	12	RED	Ori. Car. %		10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
3	250	12	OXI	Ori. Car. %		10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
4	250	12	RED	Ori. Car. %		10 8 80%	10 2 100%	5 5 100%	5 5 100%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
5	250	12	AGUA	Ori. Car. %		10 10 100%	10 10 100%	10 9 90%	10 10 100%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
6	300	6	RED	Ori. Car. %		10 10 100%	10 10 100%		10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
7	300	12	OXI	Ori. Car. %		10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
8	300	12	RED	Ori. Car. %		10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
9	350	6	RED	Ori. Car. %		10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
10	350	12	OXI	Ori. Car. %		10 7 70%	10 9 90%	10 10 100%	10 5 50%	10 10 100%	10 7 70%	10 9 90%	10 10 100%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
11	350	12	RED	Ori. Car. %		10 10 100%	10 9 90%	10 9 90%	10 7 70%	10 9 90%	10 10 100%	10 8 80%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
12	380	6	RED	Ori. Car. %		10 9 90%	10 10 100%	10 6 60%	10 2 20%	10 10 100%	10 7 70%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
13	380	12	OXI	Ori. Car. %		10 3 30%	10 8 80%	10 3 30%	10 3 30%	10 6 60%	10 5 50%	10 5 50%	10 10 100%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
14	380	12	RED	Ori. Car. %		10 5 50%	10 9 90%	10 8 80%	10 6 60%	10 10 100%	10 7 70%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
15	400	6	RED	Ori. Car. %		10 3 30%	10 7 70%	10 6 60%	10 4 40%	10 10 100%	10 6 60%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
16	400	6	OXI	Ori. Car. %		10 5 50%	10 6 60%	10 10 100%	10 5 50%	10 6 60%	10 3 30%	10 6 60%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
17	400	12	RED	Ori. Car. %	5 2 40%	5 1 20%	5 2 40%	5 3 60%	10 2 20%	10 5 50%	10 2 20%	10 2 20%	10 2 20%	10 2 20%	10 2 20%	10 2 20%	10 2 20%	10 9 90%	10 9 90%			
18	420	6	RED	Ori. Car. %		10 2 20%	10 6 60%	10 0 0%	10 1 10%	10 3 30%	10 0 0%	10 2 20%	10 10 100%	10 8 80%	10 9 90%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%	10 10 100%			
TOTAL	180-420	6-12 h	RED/OXI	Ori. Car. %	10 7 70%	0 0 0%	170 128 75%	0 2 0%	170 151 89%	0 0 0%	150 110 73%	0 1 0%	180 124 69%	0 1 0%	180 158 88%	0 1 0%	170 126 74%	0 0 0%	180 148 82%	0 0 0%	180 176 98%	0 177 98%

Tabla 3.7: Resultados de la conservación de las diferentes especies en todas las sesiones realizadas Las abreviaturas hacen referencia a: Temp. = Temperatura, Atm = Atmósfera, Ori = estado original, Car. = estado carbonizado, sem = semillas, c = cotiledones. Las abreviaturas en orden de izquierda a derecha hacen referencia a: *Lathyrus cicera*, *Lathyrus sativus*, *Lens culinaris var. microspermae*, *Lens culinaris var. macrospermae*, *Pisum sativum*, *Vicia ervilia*, *Vicia faba*, *Vicia sativa*, *Hordeum vulgare subs. vulgare* y *Triticum durum*. Para más detalle consultar todos los datos en el Anexo VIII

Por encima del 80% de conservación también se encuentra la veza (82%). Los primeros individuos en destruirse también se registran en las sesiones de 350°, perdiendo 1 en la sesión 9 y otro en la 10, mientras que en la sesión reductora expuesta durante 12 horas fueron 2. A 380° se perdió una semilla en cada una de las sesiones reductoras y 5 en la oxidante. A 400° se calcinó un individuo en la sesión de 6 horas reductora, 8 en la de 12 horas y 4 en la sesión oxidante. Finalmente, a 420° 8 semillas se calcinaron por completo.

A continuación, se encuentran las almortas, con un 75% de conservación. A pesar de que en alguna sesión anterior alguna semilla se dividió en cotiledones, las primeras en calcinarse ocurrieron a 350°, en concreto en la sesión 10, con atmosfera oxidante y expuestas durante 12 horas. En las sesiones realizadas a 380°, se perdió una semilla en ambiente reductor durante 6 horas, 5 cuando la exposición fue de 12 horas y 7 en el ambiente oxidante. A 400° se calcinaron 5 en atmósfera oxidante con una exposición de 6 horas, 7 en la reductora de 6 horas y 8 cuando fue de 12 horas. A 420° se perdieron 9 de las 10 almortas estudiadas. Las almortas de monte presentaron una conservación del 70% pero solo se utilizaron 10 individuos por lo que es un dato que no se puede utilizar estadísticamente.

Con un porcentaje de conservación muy semejante, 74%, están las habas. Como las almortas sufren alguna división en cotiledones en alguna sesión anterior, pero las pérdidas de individuos comenzaron en la sesión 10 a 350°, en la cual 3 habas se fragmentaron. A 380° se calcinaron 3 habas en cada sesión reductora, tanto a 6 como a 12 horas y 5 en la oxidante. A 400° la conservación de las habas disminuye, conservándose 6 en atmósfera reductora durante 6 horas y 2 en la sesión de 12 horas; en la sesión con una atmósfera oxidante se conservaron 3 semillas. Por último, a 420° se calcinaron la totalidad de las habas expuestas.



Figura 3.29: Semillas en ambiente oxidantes antes de carbonizarse y restos de semillas ya calcinadas a altas temperaturas

A diferencia de las lentejas microespermicas, las macroespermicas presentan un porcentaje de conservación de un 73%, inferior al grupo anterior. A pesar de que en alguna sesión con menos temperatura se ha separado algunas semillas en cotiledones, el primer individuo perdido se da en la sesión 10 a 350°. A partir de 380° aumentaron significativamente a 4 en atmósfera reductora durante 6 horas y 2 en la sesión de 12 horas; en atmósfera reductora durante 12 horas se perdieron 7 semillas. En las sesiones de 400°, se calcinaron 4 en una atmósfera reductora durante 6 horas y 7 en 12 horas; en el ambiente oxidante se perdieron 9. Como en el caso de las habas, a 420° no se conservó ningún individuo.

Por último, la especie con menor conservación son los guisantes, sobreviviendo el 69% de los individuos. Como en los casos anteriores a bajas temperaturas se separaron algunas semillas en cotiledones, pero las primeras pérdidas totales suceden a 350°, en concreto en la sesión 10, conservándose 5 semillas en ambiente oxidante. A esta misma temperatura con ambiente reductor durante 12 horas se perdieron 3 individuos. A 380° la conservación disminuye, calcinándose 8 semillas en atmósfera reductora durante 6 horas y 4 durante 12 horas; en la atmósfera oxidante se perdieron 7 individuos. A 400° se calcinaron 6 guisantes en ambiente reductor durante 6 horas y 8 en 12 horas; en la atmósfera oxidante fueron 5. En la sesión realizada a 420° se conservó una única semilla.

Si tenemos en cuenta el factor de la temperatura, la carbonización no se produce a 180°, ya que la mayor parte de las semillas continúan con sus estructuras prácticamente inalteradas. A partir de 230° se aprecian ya signos claros de carbonización, aunque no en su totalidad. No será hasta los 250° cuando se alcanza este estado, dato coherente con los estudios previos.

Los porcentajes totales obtenidos no son un dato determinante, ya que, al haberse realizado sesiones con baja temperatura, el porcentaje final puede estar sobrevalorado. Si se tienen en cuenta las sesiones realizadas a partir de 350 grados, se observa como los cereales prácticamente continúan con las mismas cifras, pero descienden significativamente en las leguminosas. Con los resultados de esta experimentación se puede observar una cierta mayor resistencia de los cereales a la exposición a altas temperaturas independientemente de la atmósfera o el tiempo de exposición. Estos datos podrían, en parte, explicar la escasa presencia de leguminosas en comparación con otras especies, hecho comentado en varias publicaciones (Butler, 1992; Sarpaki, 1992b; Tarongi et al., 2020), ya que a altas temperaturas podrían conservarse en menor número que los cereales. Este sería una causa más, ya que otros factores también pueden provocar este efecto, como el consumo verde de los frutos, los procesos agrícolas y la forma de cocinar estas especies además de su rol secundario, comparado con los cereales, en los sistemas agrícolas mediterráneos protohistóricos.

Una observación adicional que podría justificar la infrarrepresentación de las leguminosas por su menor resistencia a las altas temperaturas es la presencia de leguminosas en contextos arqueológicos donde los cereales están muy bien conservados y presumiblemente las temperaturas de carbonización han sido menores; mientras que en yacimientos donde los cereales se encuentran muy deformados prácticamente no aparecen leguminosas. Un ejemplo de este último caso podrían ser los yacimientos de la Llanura occidental catalana, en la cual los cereales conservados se encuentran muy deformados y prácticamente no se encuentran leguminosas (Alonso, 1999; Tarongi, 2017), aunque esto también podría darse por procesos tafonómicos post-depositacionales.

Por otro lado, se observa como las leguminosas de mayor tamaño se conservan peor a las altas temperaturas, mientras que las de pequeñas dimensiones soportan mejor las altas temperaturas. Un caso evidente es el de las dos variedades de lentejas, con porcentajes de conservación bastante diferentes, pudiendo el tamaño de la semilla determinar su potencial de conservación

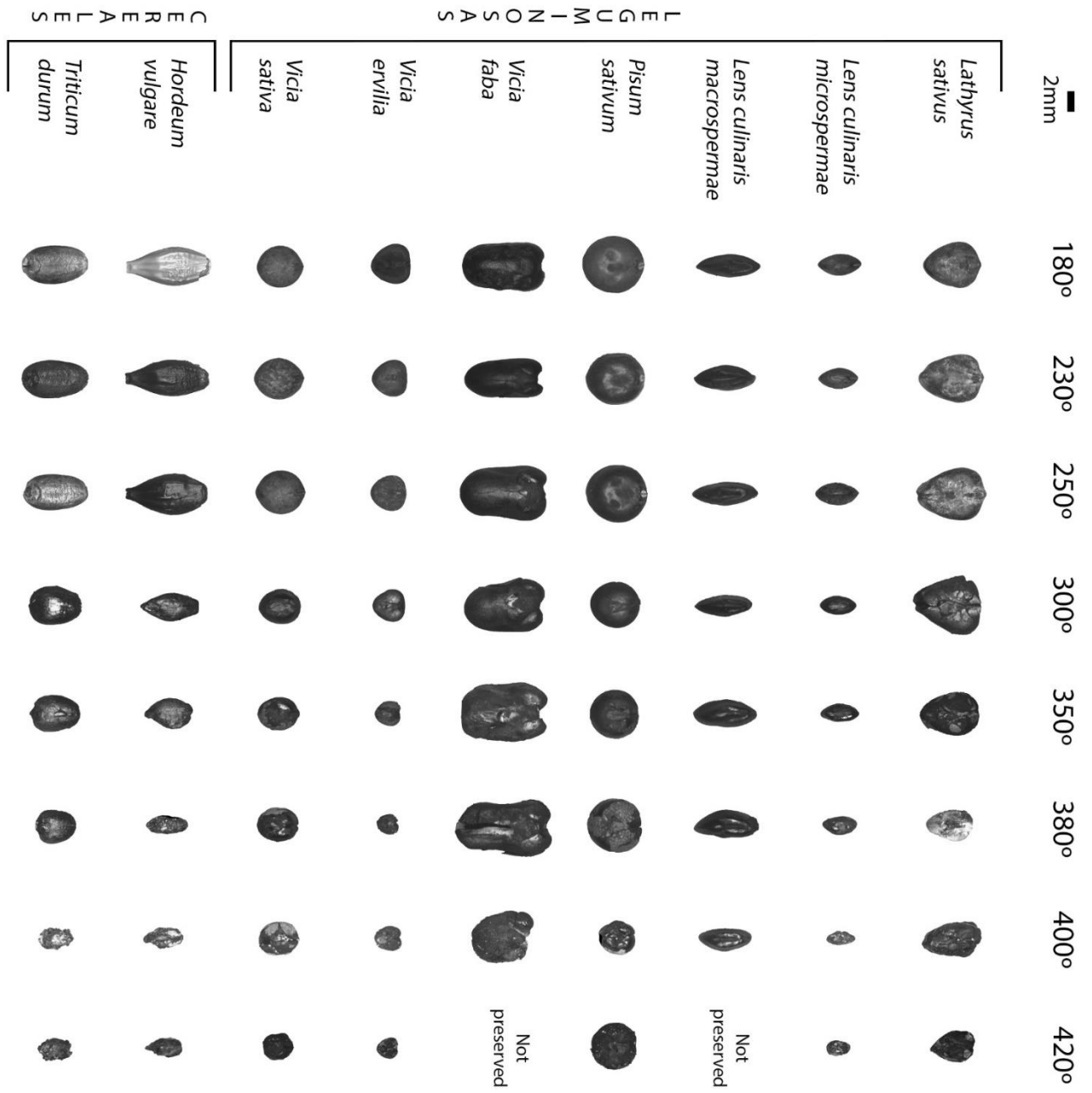


Figura 3.30: Evolución de los tamaños y las formas de las semillas a diferentes grupos de temperaturas. La escala es la misma en todos los individuos

3.4.5.2 Cambios de tamaño

3.4.5.2.1 Datos biométricos

A través de las fotografías y los landmarks utilizados para cuantificar las formas de las semillas también se han obtenido las medidas de tamaño tradicionales de las mismas como ya se describió en el apartado 2.2.3. La comparación de las medidas de cada especie a cada rango de temperatura nos muestra diferencias generales entre los cereales y las leguminosas. Tanto el trigo como la cebada pierden en torno al 55% de la longitud en las sesiones a partir de 400°. En las leguminosas las vezas, las almortas, los yeros y las lentejas microespermicas son las que más longitud pierden, en torno a un 35%, mientras que las habas se reducen en un 29% y las lentejas macroespermicas y los guisantes en un 24%. En la anchura ya no se percibe estas diferencias, reduciéndose su tamaño en torno a un 35% tanto en la cebada y el trigo como en los yeros y las vezas. La reducción en la anchura de las lentejas macroespermicas es de un 30%; en las almortas un 25% y en las habas los guisantes y las lentejas microespermicas de un 20%. Las reducciones de los grosores son más uniformes entre todas las especies, destacando el 40% de las lentejas macroespermicas, seguidas de los yeros, las almortas y las cebadas con una reducción entre un 37 y 36%. Los trigos y las vezas pierden un 35% de su grosor; mientras que las habas lo hacen en un 32% y por último los guisantes con un 27% y las lentejas microespermicas con un 25%.

La mayoría de las especies cambia muy poco con temperaturas iguales o inferiores a 250°, reduciéndose menos de un 10% en las tres medidas, salvo las almortas y las habas, que pierden en torno al 20%; perdiendo tamaño más rápido que el resto de especies, aunque a altas temperaturas mantienen un tamaño más constante que el resto de especies.

Las deformaciones más marcadas se observan en los cereales, reduciéndose la longitud de ambas especies más que la anchura y el grosor, cuya reducción es paralela. Por este motivo el índice L/A se reduce en torno a un 31% mientras que el A/G se mantiene constante, indicando un aumento de la esfericidad de las semillas de esta familia (tabla 3.8). Las deformaciones en las leguminosas no siguen un patrón concreto, presentando cada especie cambios diferentes. En las lentejas el índice L/W se reduce ligeramente mientras que el A/G aumenta, especialmente en las microespermicas; estos cambios nos sugieren cierto aumento de la esfericidad ya que en la vista lateral el eje longitudinal se reduce y aumenta el transversal, aun así, este cambio es muy sutil y la forma general sigue siendo bastante plana, con un grosor 2,27 veces mayor que la anchura en las macroespermicas y 1,62 veces en las microespermicas. En los yeros, las vezas y los guisantes prácticamente no hay cambios en estos índices; mientras que en las almortas y los guisantes se da una reducción del índice L/A (14,7 y 9,7% respectivamente) y un aumento del A/G (16 y 18% respectivamente). Estas dos especies se vuelven más esféricas, ya que cuanto más se aproximan los valores de los dos índices a 1 más esférica es la forma de una semilla. Las habas aumentan un poco su esfericidad, pasando de un 1,84 a 1,66 en L/A, mientras que en las almortas si es más evidente, pasando de 1,47 a 1,25 el L/A y de

0,74 a 0,86 el A/G, asemejándolas más a otras especies como los guisantes, como ya se verá más adelante en las comparaciones de forma.

Leguminosas											
<i>Lathyrus sativus</i>						<i>Vicia ervilia</i>					
Temp	Lon. %	Anc. %	Gro. %	L/A %	A/G %	Temp	Lon. %	Anc. %	Gro. %	L/A %	A/G %
0	7.33 100%	5.02 100%	6.82 100%	1.47 100%	0.75 100%	0	3.85 100%	3.68 100%	3.79 100%	1.05 100%	0.97 100%
180-250	6.16 84%	4.33 86%	5.88 86%	1.44 98%	0.74 99%	180-250	3.60 93%	3.47 94%	3.54 93%	1.04 99%	0.98 101%
300-380	5.70 78%	4.19 83%	5.37 79%	1.37 93%	0.79 106%	300-380	3.12 81%	2.91 79%	2.93 77%	1.07 103%	1.00 102%
400-420	5.16 70%	3.81 76%	4.75 70%	1.38 94%	0.80 108%	400-420	2.80 73%	2.50 68%	2.53 67%	1.12 107%	1.00 102%

<i>Lens culinaris micro</i>						<i>Vicia faba</i>					
Temp	Lon. %	Anc. %	Gro. %	L/A %	A/G %	Temp	Lon. %	Anc. %	Gro. %	L/A %	A/G %
0	4.57 100%	2.28 100%	4.37 100%	2.01 100%	0.52 100%	0	#### 100%	6.70 100%	9.15 100%	1.85 100%	0.73 100%
180-250	4.21 92%	2.13 94%	4.03 92%	1.98 99%	0.53 101%	180-250	#### 84%	5.79 86%	7.48 82%	1.81 98%	0.77 105%
300-380	3.69 81%	1.95 86%	3.45 79%	1.90 95%	0.57 109%	300-380	9.39 76%	5.68 85%	6.81 74%	1.67 90%	0.84 114%
400-420	3.31 72%	1.81 79%	3.07 70%	1.85 92%	0.59 113%	400-420	8.81 71%	5.34 80%	6.19 68%	1.67 90%	0.87 118%

<i>Lens culinaris macro</i>						<i>Vicia sativa</i>					
Temp	Lon. %	Anc. %	Gro. %	L/A %	A/G %	Temp	Lon. %	Anc. %	Gro. %	L/A %	A/G %
0	6.62 100%	2.66 100%	6.50 100%	2.49 100%	0.41 100%	0	4.86 100%	4.03 100%	4.74 100%	1.21 100%	0.85 100%
180-250	5.95 90%	2.44 92%	5.88 90%	2.45 98%	0.42 101%	180-250	4.44 91%	3.87 96%	4.30 91%	1.15 95%	0.90 106%
300-380	5.21 79%	2.26 85%	5.09 78%	2.33 94%	0.44 108%	300-380	3.76 77%	3.38 84%	3.68 78%	1.11 92%	0.92 108%
400-420	5.00 76%	2.14 80%	4.87 75%	2.36 95%	0.44 107%	400-420	3.37 69%	3.01 75%	3.29 69%	1.12 93%	0.92 108%

<i>Pisum sativum</i>					
Temp	Lon. %	Anc. %	Gro. %	L/A %	A/G %
0	6.30 100%	5.75 100%	5.91 100%	1.10 100%	0.98 100%
180-250	5.95 95%	5.45 95%	5.60 95%	1.09 100%	0.97 100%
300-380	5.40 86%	4.99 87%	4.96 84%	1.09 99%	1.01 103%
400-420	5.33 85%	4.86 84%	4.91 83%	1.10 101%	0.99 102%

Cereales											
<i>Hordeum vulgare</i>						<i>Triticum durum</i>					
Temp	Lon. %	Anc. %	Gro. %	L/A %	A/G %	Temp	Lon. %	Anc. %	Gro. %	L/A %	A/G %
0	8.15 100%	3.50 100%	2.90 100%	2.33 100%	1.21 100%	0	6.56 100%	3.54 100%	3.03 100%	1.86 100%	1.17 100%
180-250	7.67 94%	3.62 103%	3.03 105%	2.13 91%	1.20 99%	180-250	6.17 94%	3.87 109%	3.07 101%	1.61 87%	1.26 108%
300-380	5.25 64%	2.92 83%	2.53 87%	1.81 78%	1.16 96%	300-380	4.45 68%	3.52 99%	2.95 97%	1.27 69%	1.19 102%
400-420	3.91 48%	2.37 68%	2.08 72%	1.66 71%	1.15 95%	400-420	3.44 52%	2.60 73%	2.28 75%	1.33 71%	1.16 99%

Tabla 3.8: Resultados obtenidos en las variables biométricas a diferentes temperaturas. El valor conjunto a la medida es el porcentaje de variación respecto al valor original

3.4.5.2.2 Análisis descriptivos

Los resultados del análisis de componentes principales sobre las tres variables de tamaño transformadas logarítmicamente se han expresado a través de un biplot con los dos primeros componentes, que recogen entorno a un 80% de la variabilidad total en este caso. Se ha realizado uno con las semillas en su estado original y otro con los datos obtenido después de la carbonización (figura 3.31). En las semillas sin carbonizar se aprecia la distribución de cada taxón diferenciado del resto, especialmente en el caso de los cereales, aunque existen ciertas superposiciones, como entre las almortas y los guisantes; siendo algo más marcada entre los yeros y las lentejas macroespermicas y las vezas y las lentejas microespermicas. Sin embargo, después del tratamiento de calor, los rangos de cada especie se dispersan existiendo más solapamientos, los cambios más radicales se perciben en los cereales, los cuales se sobreponen entre ellos casi totalmente, además de parcialmente con los yeros y las vezas; las almortas habas y guisantes se desmarcan, aunque comparten un espacio común entre los tres grupos. Por último, las lentejas se separan por completo del resto de especies, solamente coincidiendo parcialmente entre ellas.

Si comparamos cómo cambian únicamente las especies de leguminosas se aprecia como los taxones bien definidos en las semillas sin carbonizar van solapándose conforme aumenta la temperatura de carbonización, salvo las dos variedades de lentejas, que permanecen diferenciadas del resto y entre ellas. Si comparamos únicamente las especies cuyos grupos se sobreponen en el biplot, se aprecia cómo los yeros y las vezas se van sobreponiendo casi por completo conforme aumenta la temperatura, también las almortas y los guisantes se sobreponen entre ellas, pero en menor grado y por último las habas solo tienen un pequeño solapamiento con las almortas y los guisantes. Se ha de recordar que toda esta información se ha obtenido de las variables de tamaño, por lo que estas sobreexposiciones entre los rangos de los componentes principales entre algunas especies muestran un aumento de la similitud en el tamaño de las dimensiones analizadas, no en las formas, pudiendo obtener tamaños muy similares, pero con formas diferentes.

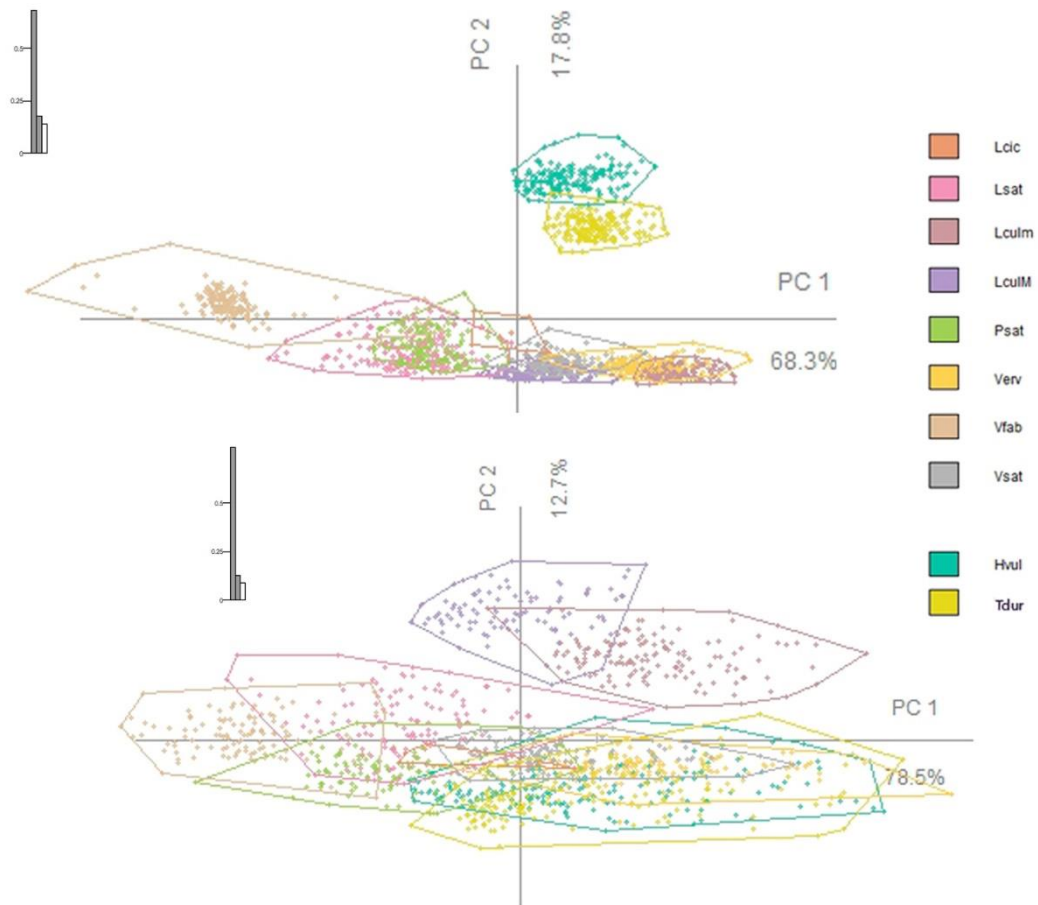


Figura 3.31: Biplot con los dos primeros componentes del PCA de los datos de tamaño antes (gráfico superior) y después (gráfico inferior) de la carbonización

También se ha realizado un análisis lineal discriminante, representando los dos primeros LD en un biplot antes y después de la carbonización (figura 3.32). Los resultados son similares a los obtenidos en el análisis de componentes principales, con algunas diferencias. Las diferencias más destacables en los datos sin carbonizar es que las lentejas están separadas del resto de las leguminosas, las habas y las almortas se definen algo mejor y se genera una superposición parcial entre yeros, vezas guisantes y almortas. Después de la carbonización las principales diferencias con el PCA son la separación de los cereales, con solapamiento parcial entre ellos y con los yeros, pero muy lejos del que se observada en el PCA, quedando el resto de grupos más o menos similares entre los dos análisis.

Con estos análisis descriptivos se aprecia como el cambio de tamaño en los cereales es mayor que en las leguminosas y que tras la carbonización los tamaños de todas las especies se asemejan más entre ellas, especialmente entre los guisantes y las almortas por un lado y los yerros y las vezas por otro.

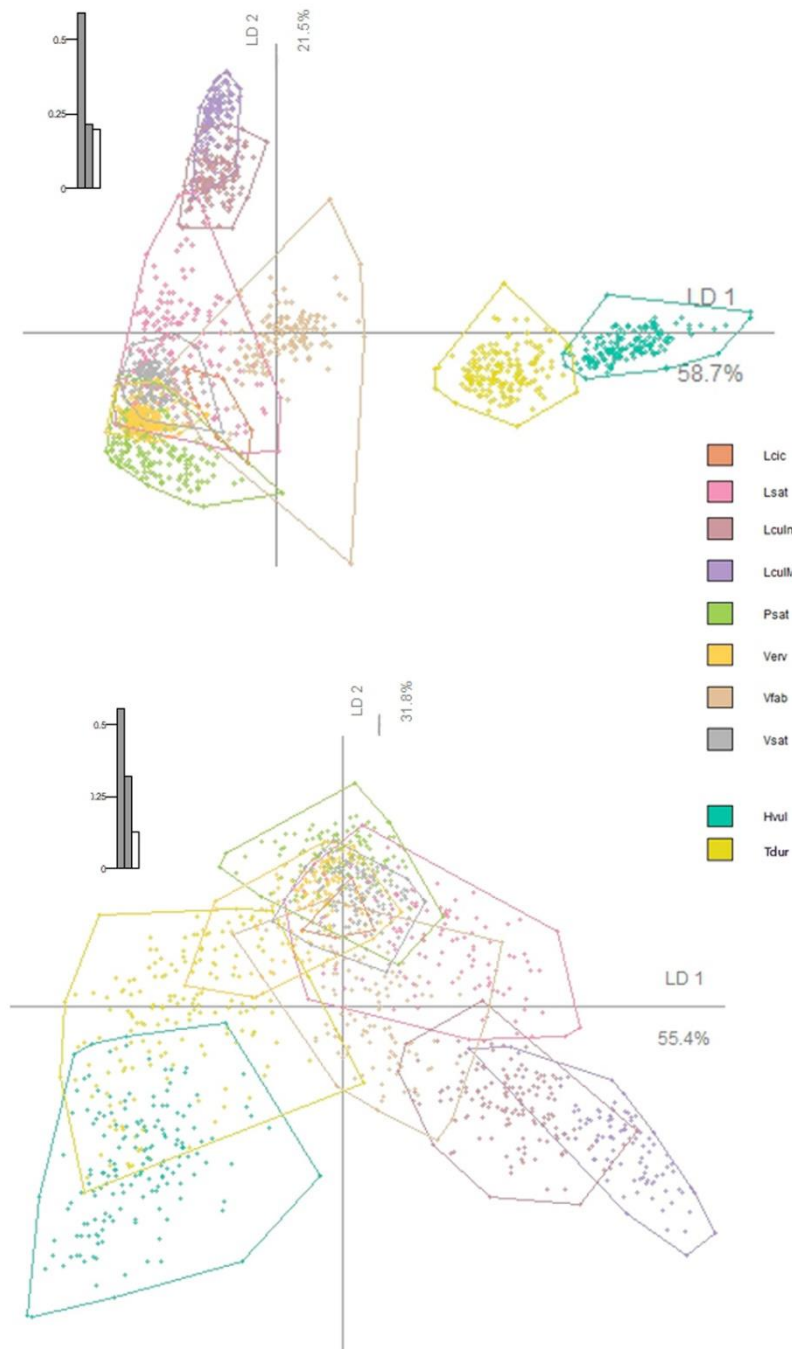


Figura 3.32: Biplot con los dos LD del análisis lineal discriminante de los datos de tamaño antes (gráfico superior) y después (gráfico inferior) de la carbonización

3.4.5.2.3 Análisis explicativos

Los primeros modelos estadísticos explicativos aplicado a los datos de tamaño se han obtenido a través de MANOVAs. En todos se han utilizado los valores en base logarítmica de las medidas tradicionales como variables dependientes y diferentes factores como independientes. Al analizar si la carbonización produce cambios en el tamaño, se obtuvo un valor de p menor de $2.2e-16$, el mínimo posible, por lo que se rechaza la hipótesis nula, existiendo diferencias estadísticas significantes. Como el valor es tan bajo evidencia que los cambios entre las semillas antes y después de la carbonización son notables. Al analizar si los tamaños de las diferentes especies son diferentes entre ellos, se obtuvo el mismo resultado, rechazando la hipótesis nula y confirmando una gran diferencia entre las semillas de cada especie. Para analizar estas evidencias observadas con los análisis descriptivos y confirmadas con los análisis de la varianza, se han realizado una serie de análisis discriminantes.

Los análisis lineales discriminantes, además de utilizarse para describir los resultados, también se utilizan para análisis explicativos a través de sus modelos predictivos. Los análisis predictivos generan una nueva reclasificación de las observaciones según sus datos estadísticos, creando un nuevo grupo por cada nivel que tenga la variable categórica. Estos datos explicativos permiten cuantificar las tendencias observadas con los análisis descriptivos anteriores además de crear modelos predictivos que pueden aplicarse a otros conjuntos muestrales, comprobando si se han podido establecer modelos precisos. La predicción de los modelos lineales establece que porcentaje tiene cada semilla de pertenecer a cada uno de los grupos establecidos estadísticamente (en este caso taxones), por ejemplo; una semilla de haba puede tener un 60% de probabilidades de pertenecer al grupo de las habas, un 25% al de las almortas y un 15% al de las vezas. En otros casos puede que se la predicción sea del 100% en un único grupo o que el porcentaje esté repartido por varios grupos sin llegar al 50% en ninguno de ellos. Cuando sucede este último caso el sistema cruzado empleado ha vinculado al individuo al grupo en el que el porcentaje predictivo es mayor. La suma de las predicciones de los diferentes grupos estimadas a un mismo individuo siempre es del 100%, como en el ejemplo del haba que se ha utilizado.

Cada semilla ha sido estudiada antes y después de la carbonización, disponiendo datos de los cambios producidos en cada individuo durante este proceso. Para analizar explicativamente los cambios producidos se han creado diferentes modelos lineales discriminantes que se ajustan a las semillas analizadas. En el primer modelo hemos utilizado todas las semillas dos veces, una en su forma original y otra ya carbonizadas, con la excepción de los restos calcinados que no pudieron analizarse después de la experimentación. Este primer modelo reclasificó correctamente el 95,4% de los individuos, obteniendo resultados por encima del 90% en ambas variedades de lentejas, en los guisantes y en las habas. Las menores predicciones se han dado en los trigos (65,9%) continuando con las almortas (72,1%), la cebada (76,5%) y las vezas (78%); mientras que los yeros obtuvieron un 84,3% de acierto (tabla 3.9, para consultar todos los

resultados uno a uno consultar el Anexo IX). Otro modelo se realizó teniendo en cuenta únicamente los datos obtenidos antes de la carbonización, en este caso se reclasificaron correctamente al 96,7% de las semillas, llegando al 100% en las dos variedades de lentejas y con únicamente las almortas por debajo del 90, exactamente 87,5%. Se creó un tercer modelo en el cual solo se utilizaron los datos obtenidos después de la carbonización siendo complementario del anterior; a pesar de que la predicción fue algo menor (85,1%), la reclasificación fue bastante certera. Los taxones con una predicción más baja fueron de nuevo el de las vezas, los yeros y las almortas, con un 77% de reclasificación correcto. Las dos primeras se sobreponen entre ellas, ya que el 22,8% de los yeros se clasificaron como vezas y un 19,5% a la inversa. Las almortas se sobreponen a los guisantes, reclasificándose un 15,9% de sus semillas en este grupo. Por último, el trigo con un porcentaje relativamente bajo de predicción (76,7%) también se sobrepone al grupo de las cebadas en un 16,8%.

Con estos resultados, especialmente evidentes al utilizar solo los datos de las semillas ya carbonizadas, se confirma a nivel explicativo los resultados observados a nivel descriptivo en los análisis anteriores. Existe una mayor superposición de los tamaños de los individuos después de la carbonización, sobreponiéndose las semillas de cebada con las de trigo en un alto porcentaje, lo mismo ocurre con las vezas y los yeros como se apreciaba en el análisis de componentes principales, igual que ocurría con la coincidencia parcial entre los grupos de almortas, vezas y guisantes.

Para obtener modelos más exactos y centrados en las leguminosas, objetivo general de esta disertación, se han realizado los tres mismos modelos anteriores, pero sólo manteniendo los taxones con especies de leguminosas. El modelo general con los datos de las semillas en su forma original y carbonizada reclasificó correctamente al 89,1% de los individuos, subiendo al 96,4% en las semillas antes de la carbonización y reduciéndose al 86,5% de los individuos en el modelo creado solo con las semillas ya carbonizadas. En los tres modelos todos los individuos se han establecido en más de 90% en su grupo estadístico salvo en algunas excepciones. El taxón con un menor porcentaje de predicción efectiva ha sido el yero, con un 74,5% en el modelo basado solo en las semillas carbonizadas, superando el 90% en los otros dos; esta especie tiene cierta superposición con las vezas. Las vezas también presentan un porcentaje predictivo algo más bajo que el resto (77% en el modelo global y 77,5% en el modelo solo carbonizado). La almorta es la única especie cuyos porcentajes predictivos son menores del 90% en los tres modelos. El modelo conjunto reclasificó como almortas correctamente al 75% de sus individuos, en el modelo con semillas sin carbonizar el 88,1% de las almortas se reclasificaron como tal, y en el modelo basado en los datos después de la carbonización se identificaron correctamente al 77,5% de los individuos.

Modelo lineal aplicado	Leguminosas							Cereales		TOTAL
	Lsat	Lculm	LculM	Psat	Verv	Vfab	Vsat	Hvul	Tdur	
TODO	72.14%	98.01%	92.47%	92.63%	84.33%	91.30%	77.92%	76.49%	65.88%	95.4%
Semillas sin carbonizar	87.50%	100.00%	100.00%	97.65%	97.65%	91.25%	98.24%	98.82%	99.41%	96.73%
Semillas carbonizadas	77.50%	96.48%	93.94%	90.43%	76.51%	95.69%	76.09%	87.95%	76.65%	85.07%
Leguminosas	75.00%	97.35%	92.89%	94.39%	91.22%	96.74%	76.95%			89.10%
Leguminosas sin carbonizar	88.13%	100.00%	100.00%	99.41%	97.65%	91.25%	98.24%			96.37%
Leguminosas carbonizadas	77.50%	97.18%	93.94%	91.30%	74.50%	97.41%	77.54%			86.46%
Modelo basado en todos los datos sobre los carbonizadas	60.83%	98.59%	81.82%	85.22%	95.30%	88.79%	53.62%	52.41%	76.65%	76.40%
Modelo basado en datos sin carbonizar sobre los carbonizados	40.83%	99.30%	51.52%	68.70%	99.33%	73.28%	25.36%	15.66%	49.70%	57.51%
Modelo basado en datos carbonizados sobre los sin carbonizar	77.50%	81.88%	100.00%	97.65%	14.71%	97.50%	42.35%	100.00%	0.00%	66.94%
Modelo basado en todos los datos de leguminosas sobre los datos leguminosas carbonizadas	66.67%	98.59%	82.83%	87.83%	96.64%	96.55%	52.17%			83.16%
Modelo basado en todos los datos de leguminosas sin carbonizar sobre los datos leguminosas carbonizadas	39.17%	99.30%	51.52%	68.70%	99.33%	76.72%	24.64%			67.01%
Modelo basado en todos los datos de leguminosas carbonizadas sobre los datos leguminosas sin carbonizar	81.25%	77.50%	100.00%	97.65%	10.00%	98.75%	51.18%			72.74%

Tabla 3.9: Resultados de los LDA realizados sobre las variables de tamaño resumidos. En la parte superior aparecen los seis modelos lineales, en la inferior su aplicación en diferentes muestras experimentales obtenidas también de la experimentación. Todos los resultados en el Anexo IX

De nuevo observamos las mismas conclusiones que en los tres modelos con cereales, una superposición de las especies ya comentadas, aunque en menor grado al eliminar los cereales y realizar unos modelos lineales discriminantes más precisos, con grupos más exactos y menor variación.

Los modelos predictivos del LDA sirven para comparar diferencias o semejanzas entre un mismo grupo, pero también se puede aplicar el modelo predictivo de una muestra que sea completamente independiente sobre otra. El conjunto de datos del que se obtiene el modelo predictivo es la muestra de adiestramiento, mientras que la muestra experimental es en la que se aplica estos modelos. Para comprobar tanto la eficiencia de los modelos creados anteriormente como analizar los cambios durante el proceso de carbonización; se ha procedido a utilizarlos como muestra de adiestramiento en conjuntos de datos procedentes de las mismas semillas utilizadas en la carbonización. Este tipo de comprobación de modelos se conoce como validación cruzada simple, siendo una de las técnicas posibles para validar estos modelos.

Las muestras de adiestramiento utilizadas han sido los seis modelos descritos anteriormente, mientras que como muestras experimentales se han utilizado los mismos datos de tamaño obtenidos anteriormente, sin embargo, para evitar que fuesen igual que

los casos anteriores se ha utilizado los datos de las semillas originales cuando el modelo predictivo procede de los datos carbonizados y viceversa. Las muestras de adiestramiento con los datos antes y después de la carbonización se han aplicado solo en los datos de las semillas carbonizadas.

En el primer análisis se aplicó el modelo generado con todos los datos sobre la muestra que contiene solo los datos de las semillas ya carbonizadas. El porcentaje predictivo general obtenido fue de 76,4%. La cebada fue la peor predicha, seguida de las vezas y las almortas con unos valores de predicción comprendidos entre 52,5 y 60%. Las lentejas microespermicas tuvieron el valor más alto ya que un 98,6% de sus semillas fueron bien reclasificadas; muy cerca se situaron los yeros con un 95,3%. El resto de los taxones se mantuvieron en rangos entre el 75 y el 90%. El segundo análisis aplicó el modelo de las semillas antes de la carbonización sobre las mismas una vez ya carbonizadas, con una predicción total del 57,5%. En este análisis destaca el bajo índice de la cebada (15%) y la veza (25,3%). El resto de taxones se establece en un rango entre el 40 y el 70%, salvo las lentejas microespermicas y los yeros que alcanzan un 99,3% cada una. Por último, se aplicó el modelo obtenido de los datos de las semillas ya carbonizadas sobre los datos de las semillas sin carbonizar. El valor predictivo general fue de 67%, produciéndose un cambio de rol al alcanzar la cebada el 100% y el trigo un 0%, los yeros también decayeron al 14,7%, las vezas se reclasificaron correctamente en un 42,3%. Las almortas y las lentejas microespermicas obtuvieron un 77,5 y 81,9% respectivamente. Las habas y los guisantes un 97,5% y las lentejas macroespermicas un 100%.

Los resultados obtenidos son menores que en las muestras de adiestramiento y se obtienen mejores porcentajes de predicción al usar el conjunto de datos completo, lo cual era de esperar. Los taxones que presentaban solapamientos entre ellos en los primeros modelos vuelven a producirse, destacando de nuevo la cebada y el trigo por un lado y el yero y la veza por el otro. Se ha observado un solapamiento parcial entre el guisante, la almorta y la veza.

Por último, se han realizado los mismos análisis anteriores, pero utilizando solo las especies de leguminosas, evitando la distorsión que puedan causar los cereales al redefinir los grupos de taxones. Al aplicarse todos los datos obtenidos de las semillas de leguminosas en los datos obtenidos después de la carbonización se obtuvo un 83,2% de predicción correcta, destacando las lentejas microespermicas, los yeros y las habas con valores entre el 98,6 y el 96,5%. En el otro extremo se encuentran las vezas y las almortas con un 52,1 y 66,7%. Las lentejas macroespermicas y los guisantes obtienen un 82,8 y 87,9% respectivamente. En el segundo análisis se aplica el modelo obtenido con los datos antes de la carbonización en leguminosas en los datos recuperados después de este proceso. La predicción global mejora respecto al modelo realizado con todos los taxones, pero aún está lejos del modelo anterior ya que se sitúa en el 67%. De nuevo los valores más bajos son para las vezas y almortas (24,6 y 39,1%) ya que continúan presentando una gran superposición, seguidas de las lentejas macroespermicas con un 51,5%, quedando el resto clasificado en la otra variedad de la misma especie. En una posición intermedia están los guisantes y las habas (68,7 y 76,7% respectivamente), obteniendo, de nuevo, la lenteja

microespérmica los mejores resultados con un 99,3%. En el último análisis se aplicó el modelo de leguminosas ya carbonizadas sobre estas especies antes de la experimentación, obteniendo una predicción general del 72,7%, obteniendo en esta ocasión los yeros la predicción más baja (10%), seguido de las vezas con un 51,2%. Las lentejas microespérmicas y las almortas presenta una posición intermedia con un 77,5 y un 81,2% de predicción correcta y finalmente los guisantes las habas y las lentejas macroespérmicas presentan un porcentaje muy cercano al 100%.

Al utilizar solo los datos de las leguminosas los porcentajes mejoran, pudiendo establecerse como modelos efectivos para establecer los grupos en muestras experimentales. Las diferencias que aparecen al aplicarse los modelos basados en datos anteriores a la carbonización sobre los datos obtenidos después, vuelven a mostrar el gran cambio que han sufrido los tamaños de las semillas durante este proceso experimental. Por este motivo, es más efectivo utilizar muestras de adiestramiento con semillas carbonizadas en muestras experimentales en las cuales los individuos también se encuentren carbonizados, como es el caso de los restos arqueológicos.

3.4.5.3 Cambios en la forma

Para analizar los cambios exactos de las formas producidas por la carbonización se han aplicado el análisis de la morfometría geométrica a través de los análisis de contorno cerrado descritos en la sección 3.2.2. Una vez obtenidos los coeficientes a través de las transformaciones elípticas de Fourier se ha procedido a realizar análisis estadísticos descriptivos para visualizar las diferencias existentes

3.4.5.3.1 Análisis descriptivos

Para simplificar los 64 coeficientes obtenidos sobre la forma de las semillas analizadas, se realizó un análisis de componentes y se expresaron gráficamente los dos primeros PC en varios biplots, representando de esta forma el 80% de toda la variabilidad que ha quedado resumida en estos dos primeros componentes (figura 3.33). Al utilizar los datos antes de la carbonización se distinguen los grupos de la cebada y el trigo muy separados de las especies de leguminosas y también entre ellos, confirmando que las formas de ambas familias son muy distintas. Las lentejas se encuentran algo separadas del resto de leguminosas, aunque con cierto solapamiento con las almortas. Las habas también tienen un grupo bastante separado, acercándose hacia los cereales, ya que ambos tienen formas más alargadas que el resto de especies; por último, presentan cierta superposición con las vezas y las almortas. Esta última especie también está bastante definida, aunque con superposición parcial con las lentejas, las habas, las vezas y los guisantes. Por último, las especies restantes se encuentran bastante sobrepuestas, especialmente los yeros con los guisantes y estos últimos con las vezas.

Después de la carbonización las superposiciones de todos los grupos aumentan. Los cereales dejan de estar aislados, mezclándose entre sí y solapándose parcialmente con las habas. Estas a su vez continúan superponiéndose con las almortas. Este último taxón todavía se define, aunque además de su coincidencia parcial con las lentejas, comparte espacio con la aglomeración que se ha generado entre los guisantes, vezas y yeros, especies que prácticamente comparten la misma distribución espacial con cierto estiramiento de los yeros hacia valores más altos de PC1 y negativos de PC2. Las lentejas por su parte se sobrepone parcialmente a las almortas.

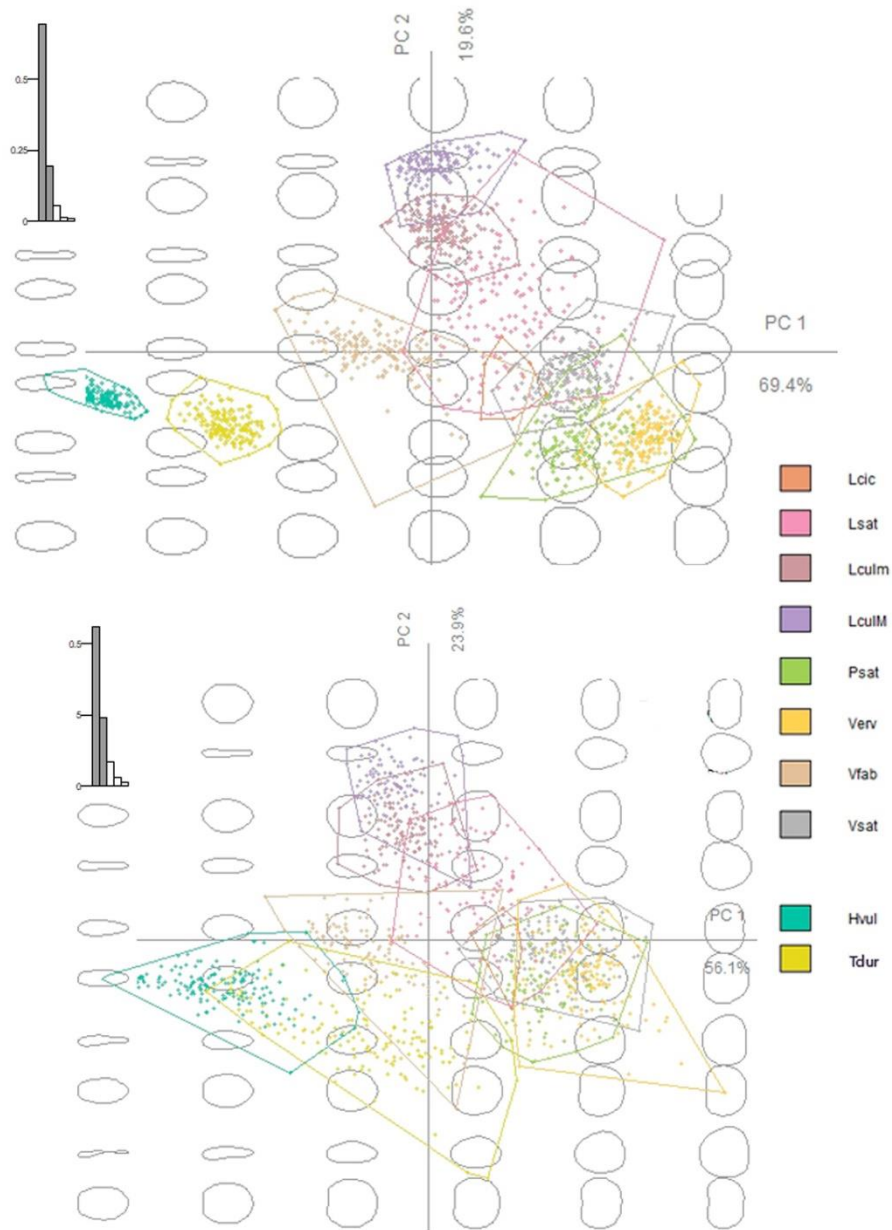


Figura 3.33: Biplot obtenido con los dos componentes del PCA sobre los datos de forma antes de la carbonización (gráfico superior) y después (gráfico inferior)

En el biplot realizado con los dos primeros LD obtenidos en un análisis lineal discriminante sobre las semillas antes de la carbonización, se aprecia cómo los cereales, los yeros y las habas están completamente individualizados, las dos variedades de lentejas se superponen entre ellas, pero están separadas del resto de taxones; sin embargo, las almortas tienen una parte de su área independiente y otra coincidente con las vezas y los guisantes, hecho que también ocurre en esta última especie (figura 3.34). La veza es el taxón peor individualizado ya que toda su área está compartida con una u otra especie. En el LDA realizado en los datos obtenidos después de la carbonización, se observa como todos los taxones se acercan entre ellos, no teniendo ningún taxón que sea completamente independiente. Sin embargo, algunas especies se superponen menos a otras, como el trigo y la cebada, que comparten espacio entre ellas y con las habas, especie que además de con las anteriores se superpone mínimamente con las vezas, las almortas y las lentejas macroespermicas. Ambas variedades de esta última especie solo se superponen entre ellas y mínimamente con las habas y las almortas. Las vezas y las almortas comparten gran parte de su rango de forma, compartido en gran parte también con los guisantes. Los yeros conservan un gran rango independiente, aunque comparten una parte de su espacio con las tres especies anteriores. Hay que tener en cuenta que estas comparaciones descriptivas se han realizado con dos LD, con una variabilidad acumulada menor al 70%, por lo que los datos del análisis explicativo son algo diferentes, con los taxones mejores definidos.

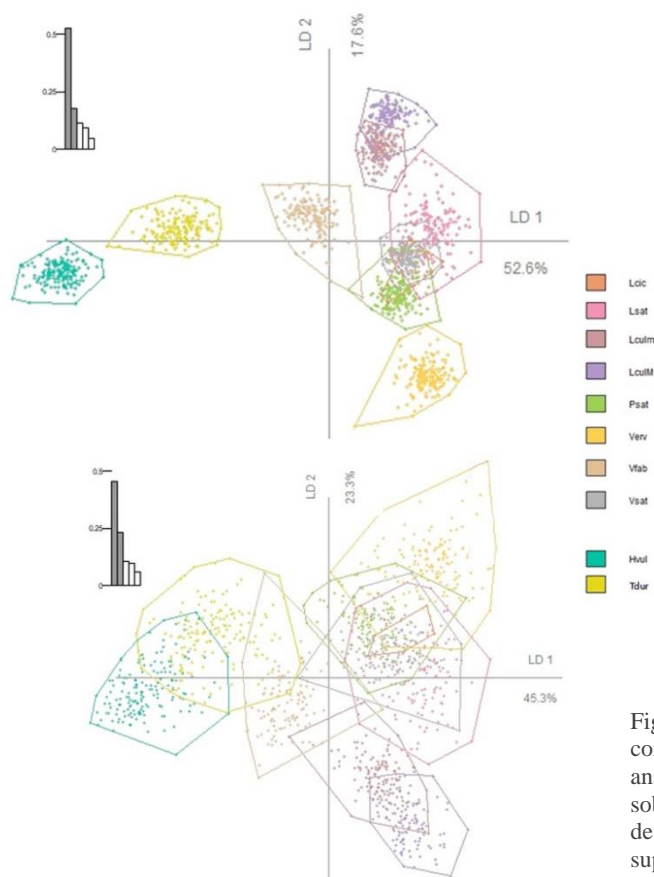


Figura 3.34: Biplot obtenido con los dos primeros LD del análisis lineal discriminante sobre los datos de forma antes de la carbonización (gráfico superior) y después (gráfico inferior)

Ambos análisis muestran como la forma de las diferentes especies estudiadas son muy diferentes en su estado original, asemejándose durante el proceso de carbonización. Los resultados son algo más discriminantes en las variables de forma que en las de tamaño, hecho esperado al utilizar el análisis de contorno toda la información existente en la forma de los objetos. Sin embargo, con ambas variables se puede observar como algunas especies son más diferentes al resto, especialmente los cereales y las lentejas, otras especies están en un punto intermedio, compartiendo parte de su espacio con otras, como es el caso de las habas, los yeros y algo menos las almortas y los guisantes, por último, las vezas son las especies que más se asemejan a otros grupos estadísticos.

3.4.5.3.2 Análisis explicativos

Como en las variables de tamaño, se han comparado las varianzas de las variables de forma a través de MANOVAs. Como variables dependientes se han utilizado los primeros 6 componentes obtenidos del PCA, ya que explican la variabilidad del 95% de las muestras. Si se utilizasen los 64 coeficientes como variables, los resultados del MANOVA se verían afectados por el gran número de variables, siendo recomendable su reducción previa (Catena Martínez et al., 2003). El valor de p obtenido al comparar las variables de forma en su estado original con el posterior a la carbonización ha sido de $1.149e-05$, valor menor al 0,05 utilizado normalmente como nivel de significancia, por lo que se rechaza la hipótesis nula y conformando la existencia de diferencias estadísticas significativas después de la experimentación. De nuevo, al compararse las formas de las diferentes especies entre ellas el valor de p fue menor a $2.2e-16$, el mínimo calculado por los MANOVA, rechazándose la hipótesis nula y evidenciando la gran diferencia estadística existente entre las formas de los diferentes taxones. Para analizar en detalles estas diferencias se realizaron una serie de análisis discriminantes como en el caso de las variables de tamaño.

A través del análisis lineal discriminante se han creado 6 modelos distintos y se han aplicado como muestras de adiestramiento en 6 muestras explicativas, como se realizó en las variables de tamaño. En el primer modelo, creado con todos los datos tanto carbonizados como no, se ha obtenido una predicción correcta en el 95,15% de las semillas. Únicamente las vezas y los guisantes obtuvieron resultados por debajo del 95% (88,4 y 89,6% respectivamente), superponiéndose mínimamente entre ellas (tabla 3.10). En el segundo modelo, basado únicamente en los datos antes de la carbonización el valor total de predicción fue del 98,6%, no existiendo prácticamente solapamiento entre las especies. En el modelo basado solo en los datos carbonizados la predicción total se reduce al 93,7%, de nuevo las vezas y los guisantes con valores de 83,5 y 84,8% se superponen entre ellas, mientras que las lentejas macroespermicas (90,9%) comparten parcialmente espacio con la otra variedad de lentejas.

Modelo lineal aplicado	Leguminosas							Cereales		Total
	Lsat	Lculm	LculM	Psat	Verv	Vfab	Vsat	Hvul	Tdur	
TODO	94.29%	95.70%	95.82%	88.42%	96.55%	98.19%	89.61%	98.21%	98.81%	95.15%
Semillas sin carbonizar	98.13%	97.50%	96.43%	97.06%	99.41%	99.38%	98.82%	100.00%	100.00%	98.57%
Semillas carbonizadas	93.33%	96.48%	90.91%	83.48%	95.97%	98.28%	84.78%	97.59%	98.80%	93.73%
Leguminosas	95.36%	96.36%	94.98%	92.63%	96.87%	99.28%	89.29%			94.92%
Leguminosas sin carbonizar	98.75%	98.75%	95.71%	98.24%	99.41%	99.38%	100.00%			98.67%
Leguminosas carbonizadas	94.17%	96.48%	93.94%	84.35%	98.66%	99.14%	84.78%			93.17%
Modelo basado en todos los datos sobre los carbonizadas	90.83%	92.25%	93.94%	86.96%	93.96%	97.41%	78.26%	96.39%	98.20%	92.24%
Modelo basado en datos sin carbonizar sobre los carbonizados	78.33%	79.58%	88.89%	94.78%	85.91%	98.28%	54.35%	65.66%	66.47%	77.64%
Modelo basado en datos carbonizados sobre los sin carbonizar	96.25%	98.75%	92.14%	73.53%	98.82%	98.75%	96.47%	100.00%	95.29%	94.42%
Modelo basado en todos los datos de leguminosas sobre los datos leguminosas carbonizadas	92.50%	94.37%	91.92%	93.04%	95.30%	100.00%	77.54%			91.92%
Modelo basado en todos los datos de leguminosas sin carbonizar sobre los datos leguminosas carbonizadas	75.00%	79.58%	90.91%	93.04%	83.89%	100.00%	50.72%			80.89%
Modelo basado en todos los datos de leguminosas carbonizadas sobre los datos leguminosas sin carbonizar	96.25%	98.75%	96.43%	74.71%	98.82%	98.75%	97.06%			94.25%

Tabla 3.10: Resultados de los LDA realizados en las variables de forma resumidos. En la parte superior aparecen los seis modelos lineales, en la inferior su aplicación en diferentes muestras experimentales obtenidas también de la experimentación. Todos los resultados en el Anexo IX

Se han creado tres modelos con los datos de forma en los cuales se ha excluido los datos aportados por los cereales para reducir posibles interferencias en los LDA, hecho que también se realizó en los análisis de las variables de tamaño. El primer modelo se ha basado en los datos de las leguminosas antes y después de la experimentación, con un valor de predicción del 94,9%, presentando de nuevo las vezas (89,3%) una pequeña coincidencia con los guisantes (92,6%). En el segundo modelo, basado en los datos de las leguminosas antes de carbonizarse, se han definido muy precisamente todos los taxones, con una predicción total de 98,7%, superando todas las especies el 95%. Por último, al utilizar los datos de las leguminosas después de la carbonización se ha predicho correctamente al 93,2% se las semillas. De nuevo únicamente existe una pequeña superposición entre guisantes y vezas, ya que su predicción ha sido del 84% en cada especie, compartiendo entre ellas el porcentaje restante.

Posteriormente, hemos aplicado estos seis modelos en muestras experimentales procedentes de los mismos individuos, aplicando las técnicas de validación cruzadas simples. De esta forma se calcula la potencia exacta de los modelos anteriores, además de comprobar las diferencias generadas después de la carbonización.

Al aplicar el modelo generado con todas las especies tanto antes como después de la carbonización sobre los datos carbonizados, se obtuvo una predicción correcta del 92,2%, con las vezas (78,2%) y los guisantes (87%) como únicos taxones por debajo del 90%. El

modelo en el cual se aplicó todos los datos sin carbonizar sobre los carbonizados generó el menor porcentaje de predicción de forma (77,7%), con las vezas (54,3%) y los trigos (66,5%) con los valores más bajos, prediciendo la gran mayoría del porcentaje restante como guisantes en ambos casos. Las cebadas (65,7%) presentaron una alta coincidencia con los trigos, mientras que en las almortas (78,3%) fue con varias especies. Las lentejas también se entremezclan entre ellas, pero muy levemente, mientras que los guisantes y las habas presentaron predicciones muy exactas. El tercer modelo que se aplicó fue el obtenido con los datos después de la carbonización sobre los datos sin carbonizar, obteniendo una predicción del 94,4%, con datos muy exactos en todos los taxones salvo en los guisantes, que obtuvo un 73,5%, solapándose con las vezas.

Para acabar con los análisis discriminantes, se aplicaron los tres modelos obtenidos solo con las leguminosas en leguminosas, eliminando la distorsión que los cereales generan ya que sus formas son muy diferentes. En el primer caso se utilizó el modelo basado en todos los datos de leguminosas tanto carbonizadas como no, sobre los datos de leguminosas carbonizadas. La predicción fue correcta en el 91,9% de los individuos, con las vezas como una especie con un porcentaje algo menor, 77,5%, de nuevo solapándose con los guisantes. En la segunda comparación se utilizó el modelo generado solo con los datos de leguminosas sin carbonizar sobre las carbonizadas, obteniendo una predicción general del 80,9%, algo inferior a la anterior, pero algo mejor que el modelo que utilizaba también los cereales. De nuevo las vezas presentan una predicción inferior al resto con un 50,7% de sus semillas clasificadas como vezas, el resto se clasificaron como guisantes en su gran mayoría. Las almortas tuvieron un 75% de predicción correcta, quedando el resto disperso entre varias especies, mientras que las lentejas se mezclaron parcialmente entre ellas. Los yeros que no se clasificaron como tal (en torno a un 16%) fueron clasificados como guisantes, especie que presenta una predicción muy alta, junto con las habas. Por último, se aplicó el modelo obtenido con los datos de las leguminosas carbonizadas sobre las no carbonizadas, obteniendo una predicción del 94,2% correcta, superando todas las especies el 95% salvo los guisantes, que obtuvieron un 74,7%, superponiéndose con las vezas.

3.4.5.3.2 Distancias euclidianas

En las variantes de forma, al no tener datos cuantitativos continuos, es más complejo calcular los cambios en la forma de cada especie utilizando el porcentaje de reducción o aumento que ha sufrido cada semilla durante el proceso de carbonización a cada temperatura. Como los datos obtenidos son coeficientes, y no se comportan como las medidas tradicionales se tiene que utilizar otro tipo de datos. Para calcular los cambios de forma de una misma semilla durante el proceso de carbonización se ha utilizado la distancia euclidiana (Bouby et al., 2018), que es la distancia ordinaria entre dos puntos en un espacio euclidiano, calculándose a través del teorema de Pitágoras. Para calcularla hemos colocado todas las semillas en un plano euclidiano, utilizando el valor del primer componente obtenido a través del PCA como coordenada x y el segundo componente como coordenada y . Como cada semilla se ha analizado dos veces (antes y después de la

carbonización), se ha calculado la distancia existente entre el punto generado en el plano euclidiano entre el PC1 y el PC2 de una semilla en su estado original y entre el punto generado por el PC1 y el PC2 de la misma semilla después de carbonizarse, siendo este valor una distancia euclidiana. Este mismo proceso se ha utilizado en otras experimentaciones similares (Bonhomme et al., 2017; Bouby et al., 2018; Wallace et al., 2018). La fórmula utilizada ha sido la correspondiente a dos dimensiones:

$$d(S_o, S_c) = \sqrt{(x_{PC1o} - x_{PC1c})^2 + (y_{PC1o} - y_{PC1c})^2}$$

En la que d hace referencia a la distancia euclidiana entre S_o (semilla en estado original) y S_c (semilla en estado carbonizado). Calculado a través de la raíz cuadrada del valor de la coordenada x del PC1 de la semilla en estado original (x_{PC1o}), menos este mismo valor de la semilla carbonizada (x_{PC1c}) todo ello al cuadrado; más el valor de Y del PC1 de la semilla en estado original (y_{PC1o}), menos este mismo valor de la semilla carbonizada (y_{PC1c}) también al cuadrado

Aunque este sistema no recoge toda la variabilidad ya que únicamente utiliza dos componentes, normalmente la variabilidad recogida en estas dos variables suele ser muy alta, como ocurre en este caso, con un 85% de la variabilidad total; por lo tanto, se puede establecer como un sistema muy efectivo para calcular el cambio de forma de cada especie.

Las distancias euclidianas están calculadas en la misma unidad que los datos utilizados, en nuestro caso los valores de los componentes principales. Con estos cálculos se ha comprobado cómo las formas que más cambian son los cereales, obteniendo el trigo una distancia máxima de 17,7 en las sesiones realizada a 350° y en la cebada de 13,76 a 400° (tabla 3.11, en el anexo X se encuentra la distancia euclidiana de cada semilla). La leguminosa cuya forma cambia en mayor grado es la veza con 6,99 a 400°; seguida de la almorta con 6,48 a 350°; del yero con 6,11 a 400°; del haba con 6,02 a 350°; del guisante con 5,73 a 400°; continua la lenteja microespérmica con 4,27 a 350° y en último lugar la lenteja macroespérmica con 3,53 a 380°. Si se observa cómo se van produciendo los cambios, la cebada, el guisante y el yero van cambiando su forma paulatinamente conforme aumenta la temperatura. Las lentejas van cambiando paulatinamente hasta llegar a 350°, conservando una forma similar a partir de esta temperatura, caso similar al del trigo a 300°. El haba cambia de forma de golpe ya en las primeras sesiones, conservando más o menos la misma forma desde los 230° a los 300°, volviendo a cambiar a los 350° y manteniendo más o menos esa forma hasta los 400° (no se conservan ya a 420°). Por último, las vezas y las almortas no mantienen un patrón en el aumento de cambio.

Temp	Lsat		Lculm		LculM		Psat		Verv		Vfab		Vsat		Hvul		Taes	
	Dis.	%	Dis.	%	Dis.	%	Dis.	%	Dis.	%	Dis.	%	Dis.	%	Dis.	%	Dis.	%
0°	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
180°	0.070	94.3%	0.031	45.1%	NA	0.0%	0.014	24.7%	0.020	32.8%	NA	0.0%	0.012	17.3%	0.006	4.4%	0.011	6.1%
230°	0.031	41.8%	0.011	16.0%	0.019	54.9%	0.016	27.5%	0.012	19.9%	0.043	70.8%	0.02	29.3%	0.016	11.2%	0.042	23.3%
250°	0.053	71.8%	0.019	26.9%	0.014	41.7%	0.024	41.2%	0.021	35.1%	0.054	89.4%	0.061	87.5%	0.047	33.1%	0.077	42.5%
300°	0.027	36.5%	0.027	39.0%	0.022	62.7%	0.032	56.6%	0.031	50.6%	0.039	65.4%	0.053	75.5%	0.083	57.7%	0.156	85.9%
350°	0.064	85.5%	0.043	62.9%	0.033	95.7%	0.040	70.0%	0.048	78.6%	0.06	100%	0.047	67.4%	0.107	74.5%	0.177	97.8%
380°	0.065	87.2%	0.033	48.1%	0.035	100%	0.048	83.7%	0.051	83.9%	0.056	93.5%	0.049	70.7%	0.096	67.0%	0.169	93.2%
400°	0.058	77.6%	0.039	56.5%	0.033	94.4%	0.057	100%	0.061	100%	0.056	92.7%	0.07	100%	0.138	96.1%	0.147	81.1%
420°	0.074	100%	0.069	100%	NA	0.0%	0.037	64.5%	0.050	81.9%	NA	0.0%	0.058	83.6%	0.143	100%	0.181	100%

Tabla 3.11: Distancias euclidianas entre las semillas antes y después de la carbonización. Dis: Distancia euclidiana entre la semilla original y una vez carbonizada. % = Porcentaje de cambio que se produce en cada especie sobre el máximo cambio obtenido dentro de esta misma. Lsat= *Lathyrus sativus*; Lculm= *Lens culinaris microespermae*; LculM= *Lens culinaris macrospermae*; Psat= *Pisum sativum*; Verv= *Vicia ervilia*; Vfab= *Vicia faba*; Vsat= *Vicia sativa*; Hvul= *Hordeum vulgare*; Tdur= *Triticum durum*. Todos los datos semilla por semilla en el Anexo X

En general con estos datos se aprecia como los cereales cambian más del doble sus formas que las leguminosas, las cuales presentan un aumento de cambio más o menos similar, salvo la excepción de las lentejas, que son los taxones que menos cambian de todos.

3.4.5.4 Análisis de forma + tamaño

Además de los análisis sobre las variables de tamaño y forma descritos anteriormente se ha realizado un tercer modelo en el cual se han combinado las variables de forma obtenidas por la morfometría geométrica y las variables de la morfometría tradicional. El primer paso para poder combinar ambos modelos consiste en unificar los datos, ya que cada grupo de variables se mide en unidades diferentes. Para igualarlas se ha aplicado un PCA previo en las variables de forma por un lado y en las variables de tamaño por el otro. Una vez obtenidas las nuevas variables se realiza un tercer PCA sobre los componentes principales obtenidos anteriormente. A partir de estos componentes se aplicó un LDA para crear un modelo predictivo que establezca las posibilidades de reidentificar con éxito los diferentes individuos. Debido a la necesidad de realizar estos tres análisis de componentes principales previos al LDA existe cierta controversia sobre su utilidad y eficacia, ya que se puede crear distorsión y pérdidas de datos al realizar un PCA sobre los resultados previos de otros dos análisis de componentes principales. Aunque hemos decidido realizar y aplicar estos modelos, el objetivo final ha sido comprobar su potencial predictivo, utilizando únicamente los análisis de tamaño y forma individuales anteriores en este trabajo, evitando posibles errores y controversias en los resultados finales.

3.4.5.4.1 Análisis descriptivos

Los biplots realizados con los componentes principales obtenidos después del tercer PCA, muestran una distribución de los taxones bastante similar a la obtenida en los análisis realizados sobre las variables de forma (figura 3.35). Tanto en los datos previos a la carbonización como en los posteriores, este análisis conjunto mejora la individualización de las áreas de dispersión de las vezas los guisantes y los yeros, especialmente en los datos ya carbonizados, sin embargo, continúan solapándose en gran parte de sus distribuciones.

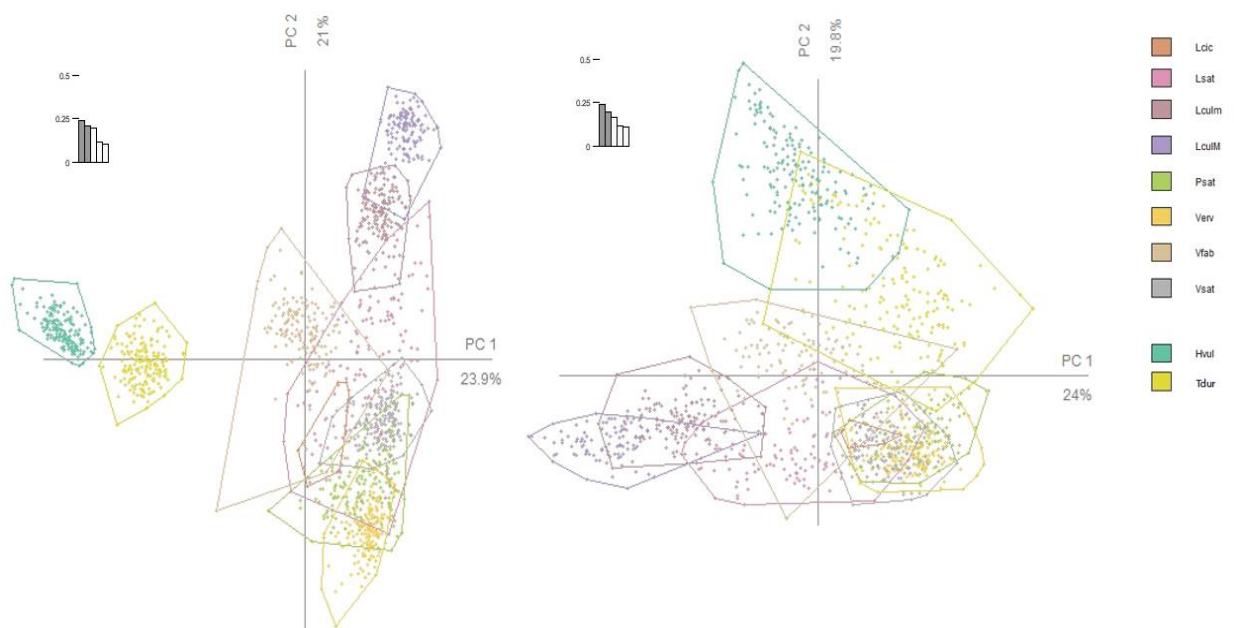


Figura 3.35: Biplot obtenido con los dos componentes del PCA sobre los datos de forma y tamaño antes de la carbonización (izquierda) y después (derecha)

En el biplot obtenido a través de los dos primeros LD sobre los datos previos a la experimentación se observan resultados similares a los análisis anteriores, sin embargo, se aprecia un mayor solapamiento entre las almortas las vezas y los guisantes que el análisis de forma (figura 3.36). En los datos ya carbonizados se intercambian los roles, encontrando algo mejor diferenciados los grupos de estas especies en el análisis conjunto de forma + tamaño.

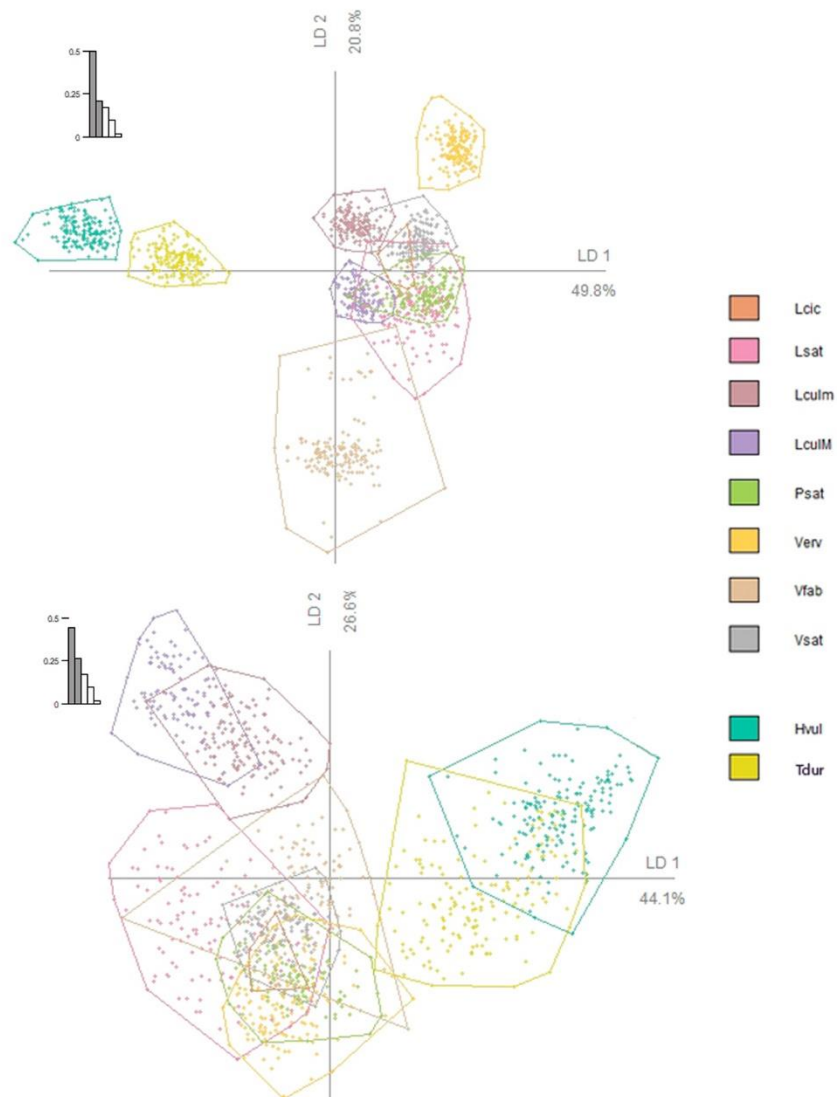


Figura 3.36: Biplot obtenido con los dos primeros LD del análisis lineal discriminante sobre los datos de tamaño y forma antes de la carbonización (superior) y después (inferior)

3.4.5.4.2 Análisis explicativos

Los MANOVA se realizaron sobre los datos conjuntos de forma y tamaño obtenidos después del tercer PCA. El valor de p resultante al comprobar el efecto de la carbonización fue de $3.123e-08$, rechazando de nuevo la hipótesis nula y confirmando la existencia de diferencias estadísticas significativas. Al comparar las formas y los tamaños conjuntamente entre las diferentes especies, se obtuvo el mínimo valor p posible,

confirmando la diferencia significativa entre las formas y los tamaños de los taxones. Para analizarlas en detalle se realizaron los modelos lineales como en los casos anteriores.

Como en los casos anteriores se han generado seis modelos lineales, el primero basado en todos los datos de todas las especies analizadas, con una predicción del 96,9%; un segundo modelo sobre los datos sin carbonizar con un 99,5% de semillas bien reclasificadas y un tercero con los datos carbonizados con un resultado del 95,63% (tabla 3.12). En los modelos en los que solo se utilizaron las especies de leguminosas, los resultados fueron bastante similares, con un 96,9% de predicción correcta en todos los datos, un 99,2% en los datos previos a la carbonización y un 95,8% para los datos ya carbonizados.

A diferencia de los casos anteriores se ha decidido solo aplicar los dos modelos predictivos creados con los datos previos a la carbonización (uno con todas las especies y otro solo con las leguminosas) sobre los datos carbonizados. Se han seleccionado estos modelos ya que son los únicos en los que la muestra de adiestramiento y la experimental son completamente independientes, a pesar de que no sean los más precisos ya que no se utiliza material carbonizado en la creación de los modelos predictivos.

Modelos lineales aplicados	Leguminosas							Cereales		Total
	Lculm	LculM	Lsat	Psat	Verv	Vfab	Vsat	Hvul	Tdur	
TODO	98.34%	94.56%	95.71%	94.74%	98.12%	98.55%	97.73%	96.73%	97.03%	96.9%
Semillas sin carbonizar	100.00%	100.00%	98.13%	99.41%	99.41%	98.13%	#####	100.00%	#####	99.46%
Semillas carbonizadas	96.48%	94.95%	96.67%	92.17%	96.64%	99.14%	94.20%	98.19%	92.22%	95.63%
Leguminosas	98.34%	93.72%	95.36%	94.39%	98.12%	99.28%	98.38%			96.91%
Leguminosas sin carbonizar	100.00%	100.00%	98.13%	99.41%	99.41%	97.50%	#####			99.20%
Leguminosas carbonizadas	97.89%	94.95%	94.17%	92.17%	95.97%	99.14%	95.65%			95.79%
Modelo basado en todos los datos sobre los carbonizadas	99.30%	57.58%	81.67%	86.09%	99.33%	95.69%	91.30%	41.57%	64.67%	78.96%
Modelo basado en todos los datos de leguminosas sin carbonizar sobre los datos leguminosas carbonizadas	99.30%	59.60%	83.33%	84.35%	99.33%	96.55%	90.58%			88.96%

Tabla 3.12: Resultados de los LDA resumidos sobre las variables de forma y tamaño conjuntamente. En la parte superior aparecen los seis modelos lineales, en la inferior su aplicación en diferentes muestras experimentales obtenidas también de la experimentación. Todos los resultados en el Anexo IX

Los resultados obtenidos en el modelo basado sobre los datos de todas las especies en su estado original sobre los datos carbonizados mejoraron ligeramente sobre los de las variables de forma, alcanzando un 78,9% en el sistema conjunto. La cebada fue la especie con peor índice de predicción con el 41,6%, clasificándose el resto como trigos. Caso similar se ha obtenido en las lentejas macroespermicas, con un 57,6%, clasificándose el resto en el grupo de la otra variedad de lentejas. El trigo también presenta una predicción baja (64,7%), reclasificándose el resto de individuos como cebadas. El resto de especies

superaron el 80% de predicción, identificándose algunas almortas como guisantes y vezas. También algunos guisantes se clasificaron como vezas; el resto de especies se reclasificaron correctamente en prácticamente su totalidad.

Para concluir se aplicó el modelo predictivo obtenido con los datos de leguminosas sin carbonizar sobre las carbonizadas. Es en este análisis donde el modelo conjunto entre variables de forma y tamaño aumenta considerablemente el porcentaje de predicción de los modelos anteriores, pasando del 67% en las variables de tamaño y 80% en las de forma al 89% de este modelo. La única especie con bajos valores predictivos fue la lenteja macroespermica con un 59,6%, reclasificándose las semillas restantes en el grupo de la otra variedad de lenteja. Las almortas (81,7%) y los guisantes (86,1%) tienen algunos individuos reclasificados como vezas o intercambiados entre ellas, mientras que el resto de especies prácticamente no tienen individuos en otros grupos.

3.4.5.5 Probabilidad a posteriori de 90% de los modelos anteriores

La probabilidad a posteriori, o *posterior probability* en inglés, es la probabilidad condicional asignada después de que la evidencia es tomada en cuenta. En este caso hemos querido aplicarla en los resultados obtenidos en los análisis discriminantes anteriores. Como ya se ha descrito, los datos recogidos en estos modelos reclasifican a un individuo en un nuevo grupo estadístico. Para realizarlo el modelo reasigna a cada individuo al grupo (en este caso taxón) a cuya forma más se asimila; por ejemplo, una veza cuya probabilidad se distribuye entre el grupo de los guisantes en un 30%, en el de las habas en un 32% y en el de las vezas en un 38% será reclasificada correctamente como veza, aunque su valor predictivo sea muy bajo (38%), por lo que hay un alto porcentaje de probabilidades de que sea una reclasificación errónea. Por este motivo hemos decidido tomar en cuenta únicamente los valores de los individuos reclasificados con predicciones superiores al 90% en un taxón, quedándose los individuos con valores menores a esta cifra en algún taxón como no clasificados. De esta forma se puede apreciar realmente el potencial predictivo de los modelos obtenidos. Para no volver a reanalizar todos los modelos discriminantes, únicamente nos centramos en el modelo general que analiza todas las observaciones de todas las especies tanto originales como carbonizadas entre ellas y el modelo que aplica la predicción de las leguminosas originales en las carbonizadas, ya que son los más interesantes para su aplicación en materiales arqueológicos.

Los resultados de todos los datos de tamaño con una predicción a posteriori de 90% se reducen drásticamente, aunque algunas especies continúan bien reclasificadas, como las lentejas microespermicas con un 85,8% de predicción correcta, las lentejas macroespermicas con un 80,3% y las habas con un 75% (tabla 3.13). En el otro extremo se encuentran las vezas, con ningún individuo clasificado correctamente, los yeros con un 21% de sus semillas predichas correctamente y los trigos con 31,8%. El 47% de las semillas no se pudieron reclasificar debido a que presentaban una predicción menor al

90% en un grupo concreto, destacando las vezas, las cuales casi en su totalidad (97,4%) no se reclasificaron; seguidos de los trigos, con un 61,7% de no asignados y las almortas con un 56,4%. Las especies con menor número de no designados fueron las dos variedades de lentejas (13,9 y 17,1%), seguidas por las habas (23,5%) y las cebadas (24,4).

En el modelo en el que se utilizó a las leguminosas sin carbonizar como muestra de adiestramiento y los datos de las formas después de la experimentación como muestra experimental, se obtuvieron mejores resultados. Las especies mejor reclasificadas fueron las lentejas microespérmicas con un 99,3% de sus individuos correctamente clasificados, seguido de los yeros con un 96,6% y las habas con un 73,3%. Las vezas fueron de nuevo la especie peor identificada, con solo un 10% de sus semillas reclasificadas como tal, seguidas de las almortas con un 25,9% y las lentejas macroespérmicas con un 40,4%. En este modelo destaca como algunas especies tienen más individuos en otro grupo que en el suyo, destacando el 55,8% de las vezas definidas como yeros y el 32,5% de las almortas clasificadas como vezas. Las semillas no clasificadas en ningún grupo descendieron al 18,7% en este modelo; las vezas y almortas tuvieron un tercio de sus semillas sin clasificar, seguidas de los guisantes con un 32%. Las mejores identificadas fueron las lentejas microespérmicas, cuyas semillas fueron todas clasificadas; los yeros, con solo un 3,4% de sus individuos sin clasificar y las habas, con un 10,3%.

Tipo de Variables	Modelos	Leguminosas						Cereales		NA	Media	
		Lsat	Lculm	LculM	Psat	Verv	Vfab	Vsat	Hvul			Tdur
TAMAÑO	Modelo con todos los datos (PP 90%)	40.36%	85.76%	80.33%	59.65%	21.00%	75.00%	0.00%	65.77%	31.75%	47.09%	49,81%
	Modelo basado en datos leguminosas originaless sobre leguminosas carbonizadas 90%	25.83%	99.30%	40.40%	56.52%	96.64%	73.28%	44.93%			18.66%	59.27%
FORMA	Modelo con todos los datos (PP 90%)	91.79%	82.45%	80.75%	63.51%	95.30%	98.19%	71.10%	97.62%	97.63%	11.74%	86.91%
	Modelo basado en datos leguminosas originaless sobre leguminosas carbonizadas 90%	73.33%	70.42%	84.85%	91.30%	83.22%	100%	57.25%			7.74%	76,91%
TAMAÑO + FORMA	Modelo con todos los datos (PP 90%)	94.29%	91.72%	83.26%	82.81%	96.87%	97.46%	87.34%	95.54%	91.10%	62.99%	91,39
	Modelo basado en datos leguminosas originaless sobre leguminosas carbonizadas 90%	78.33%	99.30%	50.51%	81.74%	0.9866	96.55%	87.68%			5.69%	86,35%

Tabla 3.13: Resumen de los modelos lineales anteriores recalculados con una probabilidad a posteriori del 90%

En los LDA realizados en las variables de forma se decidió establecer una probabilidad a posteriori del 90% en los mismos modelos que en el tamaño, el modelo global y en la aplicación del modelo predictivo de leguminosas sin carbonizar sobre los datos una vez ya carbonizados. En el primer caso, los datos mejoran significativamente respecto al tamaño, ya que la especie peor reclasificada fueron los guisantes con un 63,5% de sus semillas bien identificadas, seguidas de los yeros con un 71,1% de sus semillas bien identificadas y de las dos variables de lentejas (80,7 y 82,4%) superando el resto de especies el 90%. Por último, las semillas sin clasificar fueron el 11,7% del total, destacando los guisantes con un 34,7% y las vezas con un 27,3%. En el análisis que utilizó las leguminosas sin carbonizar como muestra de adiestramiento sobre los datos carbonizados, también mejoraron respecto al caso de las variables de tamaño. La especie con peor predicción fueron de nuevo las vezas con un 40,7% de sus semillas bien clasificadas, seguidas de las lentejas microespermicas ya con un 70,4% de acierto y las almortas con un 73,3%. Todas las habas se identificaron correctamente, además del 91,3% de los guisantes; mientras que el resto de las especies se quedaron entre el 80 y 90%. Las semillas totales no vinculadas a ningún grupo fueron el 7,7% del total, con las vezas y las lentejas microespermicas con un 15% de sus semillas totales sin clasificar. En el caso de las habas no hubo ninguna sin identificar, mientras que el resto de especies tuvieron entre un 3 y 10% de sus semillas sin agrupar.

Por último, también se estableció una probabilidad a posteriori del 90% en los dos mismos modelos realizados sobre las variables conjuntas de forma y tamaño obtenidas a través de 3 PCA diferentes. El modelo general con todos los datos, mejora ligeramente respecto al de forma, teniendo todas las especies más del 80% de sus semillas bien reclasificadas. Los valores más bajos, en torno a un 83% fueron los guisantes y las lentejas macroespermicas, las especies mejor identificados fueron las habas y los yeros con un 97% de sus semillas bien identificadas. Sin clasificar en ningún grupo se quedaron el 7,2% del total, con los guisantes las lentejas macroespermicas y las vezas con los valores más altos, algo por encima del 10%, mientras que el resto de especies tuvieron muy pocas semillas sin clasificar. En el segundo modelo, el cual predice el grupo de las leguminosas una vez ya carbonizadas con los datos originales, también se observó una ligera mejora que en el caso de la forma. Únicamente las lentejas macroespermicas empeoran su resultado significativamente, ya que solo el 50,5% de sus semillas se identificaron en su grupo, aunque un 26,3% de sus semillas se incluyeron en la otra variedad de lentejas. Los guisantes también perdieron fuerza de predicción, aunque no muy significativamente, pasando de un 91% a un 81%, las habas también disminuyeron, aunque solo en un 3%. El resto de especies mejoraron ligeramente sus presiones, salvo las vezas que lo hicieron significativamente aumentando un 45% y las lentejas microespermicas, aumentando un 30%. Únicamente el 5,7% de las semillas quedaron sin agrupar, destacando el 23,2% de las lentejas macroespermicas.

3.4.5.6 Lentejas

Como se habrá podido observar se han utilizado dos variedades diferentes de lentejas a lo largo de toda la experimentación. El objetivo previo para utilizar dos variables de una misma especie es comprobar el potencial que puede obtener la morfometría geométrica para distinguir entre variedades de una misma especie de leguminosas, como ya se ha visto en variedades de cebadas (Bonhomme et al., 2017; Ros et al., 2014; Wallace et al., 2018) o en la uva (Bonhomme, Terral, et al., 2021; Bouby et al., 2018).

A través de los análisis de MANOVA en las variables de forma, se ha obtenido un valor de p al comparar las dos variedades de lentejas de 0,06, muy cercano al nivel de significancia, por lo que hemos preferido ni aceptar ni rechazar la hipótesis nula, comprobando este dato visualmente a través de PCA y LDA (figura 3.37) y analíticamente con los resultados predictivos de este último análisis. El valor de p del MANOVA en las variables de tamaño ha sido el mínimo posible, 2.2e-16, por lo que se rechaza la hipótesis nula, existiendo diferencias estadísticas significativas entre los tamaños de las dos variables.

Las medidas de tamaño reportadas por el MANOVA, son muy evidentes al comparar las distancias tradicionales. La longitud y el grosor de las semillas macroespermicas una vez carbonizadas es de un 1,5 mm de media superior a las microespermicas, mientras que las anchuras son similares, hecho que ya nos evidencia diferencias en la forma.

Variedad	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Grosor (mm)
<i>Lens culinaris micro.</i>	3,83	2,04	3,57
<i>Lens culinaris macro.</i>	5,41	2,35	5,26

En los resultados descriptivos de los dos análisis aplicados se observan diferencias, aunque no totales entre ambas variedades. Tras realizar el análisis predictivo del análisis discriminante, este modelo fue capaz de diferenciar al 97% de las lentejas microespermicas y el 92% de las macroespermicas, por lo que se puede establecer que sí existen diferencias significativas entre las formas de ambas variedades y que a través de la morfometría geométrica pueden identificarse estas diferencias.

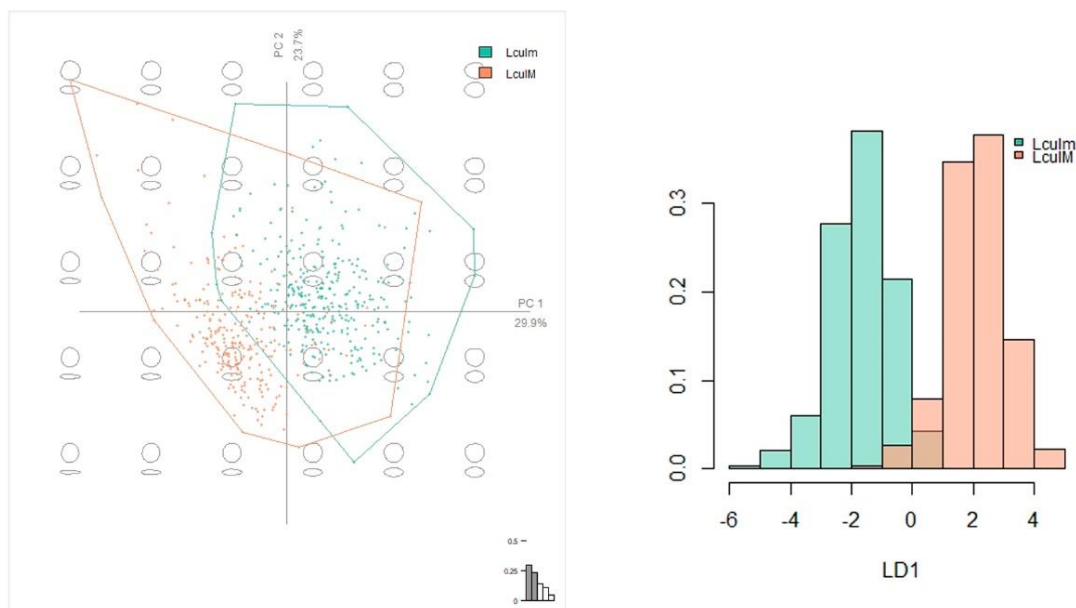


Figura 3.37: Izq.: Biplot con los fatos de forma obtenidos a través de los dos primeros componentes del PCA. Dcha.: Diagrama de barras sobre los datos de forma obtenidos a través de un LDA en las dos variedades de lentejas

3.4.5.7 Solapamiento

Uno de los objetivos principales de esta experimentación es observar el cambio de las formas de las semillas después de la carbonización y establecer qué especies se asemejan más entre ellas, pudiendo aplicar estos modelos a las semillas arqueológicas. Con estos resultados se puede establecer estadísticamente la semejanza que existe entre las diferentes especies y que porcentaje de solapamiento existen entre ellas, entendiendo como tal las posibilidades que tiene un taxón de estar mal identificado por su semejanza a otros individuos. Aunque ya se han observado solapamientos en los análisis descriptivos y explicativos anteriores, ahora se van a establecer los porcentajes exactos entre cada especie.

Para realizar este análisis se utilizaron los resultados de los LDA obtenidos solo entre especies de leguminosas, evitando la interferencia que pueden causar el trigo y la cebada en el resultado final. Los resultados del análisis discriminante se comprobaron a través de la validación cruzada a través de las tablas en las cuales se identifican en las filas la especie real y en las columnas la especie en la cual el análisis discriminante la ha reidentificado.

En el modelo en los que se utilizaron todos los datos del tamaño de las leguminosas (antes y después de la carbonización conjuntamente) se aprecia como las almortas tienen un relativo solapamiento, ya que el 12,1% de sus semillas se han establecido erróneamente como guisantes y el 7,9% como vezas (tabla 3.14). A su vez los tamaños de esta última especie se solapan con los yeros, estableciéndose un 20,8% de las vezas erróneamente como yeros. Inversamente, el 8,5% de los yeros se identificó erróneamente como vezas. Por último, hay cierto solapamiento entre las dos variedades de lentejas, identificándose erróneamente al 7,1% de las macroespermicas como microespermicas. El resto de taxones no presenta solapamientos superiores al 3% con ninguna otra especie.

TAMAÑO							
Leguminosas (datos no carbonizadas + carbonizadas)							
Taxón	Lsat	Lculm	LculM	Psat	Verv	Vfab	Vsat
Lsat	75.0%	0.7%	1.1%	12.1%		3.2%	7.9%
Lculm		97.4%	2.6%				
LculM		7.1%	92.9%				
Psat	1.1%			94.4%	1.4%		3.2%
Verv				0.3%	91.2%		8.5%
Vfab	2.9%			0.4%		96.7%	
Vsat	0.6%			1.6%	20.8%		76.9%

FORMA							
Leguminosas (datos no carbonizadas + carbonizadas)							
Taxón	Lsat	Lculm	LculM	Psat	Verv	Vfab	Vsat
Lsat	95.4%	1.4%	0.7%	1.1%	1.1%		0.4%
Lculm		96.4%	3.3%				0.3%
LculM		5.0%	95.0%				
Psat	0.4%			92.6%			7.0%
Verv				2.5%	96.9%		0.6%
Vfab				0.7%	0.0%	99.3%	
Vsat				10.4%	0.3%		89.3%

Leguminosas en estado original							
Taxón	Lsat	Lculm	LculM	Psat	Verv	Vfab	Vsat
Lsat	88.1%		1.3%	9.4%		1.3%	
Lculm		100%					
LculM			100%				
Psat				99.4%			0.6%
Verv					97.6%		2.4%
Vfab	7.5%		0.6%	0.6%		91.3%	
Vsat					1.8%		98.2%

Leguminosas en estado original							
Taxón	Lsat	Lculm	LculM	Psat	Verv	Vfab	Vsat
Lsat	98.8%	0.6%	0.6%				
Lculm		98.8%	1.3%				
LculM		4.3%	95.7%				
Psat				98.2%			1.8%
Verv				0.6%	99.4%		
Vfab				0.6%		99.4%	
Vsat							100%

Leguminosas carbonizadas							
Taxón	Lsat	Lculm	LculM	Psat	Verv	Vfab	Vsat
Lsat	77.5%		0.8%	15.0%		2.5%	4.2%
Lculm		97.2%	2.8%				
LculM		6.1%	93.9%				
Psat	1.7%			91.3%	0.9%		6.1%
Verv				0.7%	74.5%		24.8%
Vfab	0.9%			1.7%		97.4%	
Vsat	1.4%			2.2%	18.8%		77.5%

Leguminosas carbonizadas							
Taxón	Lsat	Lculm	LculM	Psat	Verv	Vfab	Vsat
Lsat	94.2%	2.5%		1.7%	1.7%		
Lculm		96.5%	3.5%				
LculM		6.1%	93.9%				
Psat				84.3%			15.7%
Verv					98.7%		1.3%
Vfab				0.9%		99.1%	
Vsat				14.5%	0.7%		84.8%

Tabla 3.14 Solapamientos entre las diferentes especies después de la carbonización. En las tablas superiores se muestran los resultados obtenidos en los LDA realizados con todos los datos, los obtenidos antes y después de la carbonización. En la segunda fila solo de los datos antes de la carbonización y en la tercera los obtenidos después

Los resultados del modelo realizado solo con los datos del tamaño de las leguminosas antes de la carbonización, presenta menos solapamientos. Las almortas identificadas erróneamente como guisantes descienden al 9,4% y desaparecen los solapamientos entre yeros y vezas en ambos sentidos, reduciéndose a 2,4% y 1,8%. Sin embargo, a diferencia

del modelo anterior, aumenta el solapamiento entre habas y almortas, ya que el 7,5% de las primeras se identificaron erróneamente como las segundas; cuando en el modelo anterior era solo del 2,9%. Las almortas identificadas erróneamente como habas solo fueron de 1,3%.

En el modelo con los datos de tamaño de las leguminosas ya carbonizadas los solapamientos aumentan respecto a los dos modelos anteriores. Un 24,8% de los yeros se identificaron erróneamente como vezas, mientras que a la inversa fue del 18,8%, destacando como las especies con mayor solapamiento en tamaño. Un 15% de las almortas se identificaron como guisantes, aunque a la inversa únicamente fue del 1,7%, existiendo un destacable solapamiento. Entre los guisantes y las vezas también existe cierto solapamiento después de la carbonización, con un 6,1% de esta primera especie identificada como la segunda; identificándose también el 4,2% de las almortas como vezas. Por último, se solapan las lentejas macroespermicas con las microespermicas en un 6,1% y en un 2,8% a la inversa.

Como se ha visto anteriormente los modelos lineales basados en las variables de forma son algo más precisos, por lo que presentan un menor solapamiento entre especies. Al utilizar todos los datos, un 10,4% de las vezas se identificaron como guisantes, siendo del 75 a la inversa. Un 2,5% de los yeros se identificaron como guisantes, no habiendo ningún caso a la inversa. Por último, un 5% de las lentejas macroespermicas se identificaron como microespermicas, con un 3,3% a la inversa.

En el análisis discriminante en las leguminosas sin carbonizar prácticamente no hay solapamientos, con solo un 1,8% de los guisantes identificados como vezas, un 4,3% de lentejas macroespermicas como microespermicas con un 1,3% a la inversa.

En el modelo lineal aplicado en las leguminosas una vez ya carbonizadas los solapamientos aumentaron, especialmente entre las vezas y los guisantes, con un 14,5% de las semillas de la primera especie identificadas en la segunda y un 15,7% a la inversa. Un 1,3% de los yeros se identificaron como vezas. Finalmente, el 6,1% de las lentejas macroespermicas se identificaron con las microespermicas y un 3,5% a la inversa.

Con estos datos observamos cómo en los tamaños existe un solapamiento marcado entre las almortas y los guisantes que aumenta tras la carbonización. Este mismo hecho se observa entre los yeros y las vezas, con un solapamiento mayor al caso anterior una vez carbonizadas y por último a un nivel menor los guisantes con las vezas. Al observar las formas, los solapamientos más marcados se dan entre los guisantes y las vezas, siendo muy pequeños en el resto de especies. Tanto en la forma como en el tamaño existe cierto solapamiento entre las dos variedades de lentejas, pero como ya se vio en el apartado 4.5.5, estos análisis discriminan muy bien entre ambas variedades. Aunque en estos resultados no se refleja, en las leguminosas arqueológicas existen problemas para diferenciar entre guisantes y almortas, pero puede que se necesiten muestras actuales de más variedades de almortas o incluso almortas de monte para observar mejor este fenómeno.

3.4.5.8 Tratamiento con agua

Como ya se indicó anteriormente se ha querido realizar una sesión experimental adicional en la cual las semillas se estudiaron en su estado original, posteriormente se dejaron en remojo durante 24 horas, se volvieron a estudiar, se carbonizaron a 250° durante 12 horas y se volvieron a analizar.

Los resultados muestran como es más fácil la separación de las semillas en cotiledones después de haber estado en remojo y también después de la carbonización, conservándose peor que las semillas que no fueron remojadas.

El MANOVA realizado sobre las variables de tamaño entre las semillas con tratamiento previo en agua y las semillas sin tratamiento previo sometidas mismas a las mismas condiciones de temperatura, tiempo y atmósfera una vez ya carbonizadas, ha calculado un valor de p de 0,024. Con este resultado se rechaza la hipótesis nula, existiendo diferencias significativas en el tamaño entre las semillas secas y embebidas después de la carbonización. Los resultados en las medidas tradicionales de tamaño muestran como las semillas después de haber estado 24 horas en remojo han ganado volumen, ya que sus medidas aumentan respecto a las originales entre un 6% en la longitud de la cebada y un 33% en la longitud del guisante (tabla 3.15). Después del proceso de carbonización no se pierde todo el volumen ganado durante el remojo, ya que los porcentajes de diferencia con las semillas en estado original son superiores a los obtenidos en las sesiones normales realizadas a 250°, dato reflejado en el MANOVA.

El MANOVA realizado sobre las variables de forma entre las semillas con tratamiento previo en agua y las semillas sin tratamiento previo sometidas mismas a las mismas condiciones de temperatura, tiempo y atmósfera una vez ya carbonizadas, ha aportado un valor de p de 0,668. Con este resultado se acepta la hipótesis nula, no existiendo diferencias estadísticas significativas entre las formas de las semillas que se han embebido en agua con las que no. Sí que existen cambios después de haber sido carbonizadas, pero este cambio es similar al que sufrieron las semillas carbonizadas a 250° sin haber estado anteriormente en remojo.

Con esta pequeña experimentación se observa como las semillas que estuvieron en remojo y se carbonizaron generan semillas de mayor tamaño que las semillas secas carbonizadas. Sin embargo, las formas se mantienen constante, no produciéndose cambios significativos.

		Estado														
		Original			Remojo						Carboniado					
Experimentación	Taxa	long. (mm)	anch. (mm)	gros. (mm)	long. (mm)	% sobre ori.	anch. (mm)	% sobre ori.	gros. (mm)	% sobre ori.	long. (mm)	% sobre ori.	anch. (mm)	% sobre ori.	gros. (mm)	% sobre ori.
Experimentación con 24 horas de remojo antes de la carbonización. 250° durante 12 horas	Lsat	6.62	4.56	6.26	8.38	126.6	5.96	130.8	8.12	129.7	6.61	99.8	4.81	105.5	6.33	101.1
	Lculm	4.82	2.37	4.67	5.92	122.9	3.02	127.3	5.77	123.5	4.57	94.9	2.67	112.6	4.34	93.0
	LculM	6.63	2.75	6.46	7.93	119.6	3.61	131.5	7.72	119.5	6.56	99.0	3.34	121.5	6.22	96.3
	Psat	6.51	6.00	6.08	8.67	133.2	7.78	129.8	8.01	131.7	7.02	107.9	6.13	102.1	6.07	99.8
	Verv	3.95	3.77	3.89	4.86	123.0	4.69	124.4	4.73	121.7	5.01	126.7	4.16	110.2	4.31	111.0
	Vfab	12.65	6.98	9.30	15.90	125.7	9.22	132.0	11.42	122.8	13.77	108.8	7.46	106.8	9.79	105.3
	Vsat	5.02	4.05	4.91	6.14	122.4	4.86	120.0	5.88	119.8	5.03	100.2	3.86	95.3	4.83	98.3
	Hvul	8.44	3.56	2.96	9.00	106.7	4.01	112.6	3.35	113.3	8.15	96.5	4.08	114.4	3.41	115.2
	Taes	6.60	3.63	3.13	7.47	113.2	4.54	125.0	3.84	122.5	6.25	94.6	4.66	128.5	3.70	118.2
Experimentación en seco: 250° durante 12 horas	Lsat	7.33	5.02	6.82							6.10	83.2	4.36	86.8	5.83	85.6
	Lculm	4.57	2.28	4.37							4.13	90.5	2.06	90.7	4.00	91.6
	LculM	6.62	2.66	6.50							5.82	87.9	2.33	87.6	5.73	88.1
	Psat	6.30	5.75	5.91							6.01	95.5	5.51	95.8	5.59	94.6
	Verv	3.85	3.68	3.79							3.46	90.0	3.31	89.8	3.39	89.5
	Vfab	12.34	6.70	9.15							10.23	82.9	5.75	85.9	7.42	81.1
	Vsat	4.86	4.03	4.74							4.38	90.2	3.90	96.8	4.24	89.5
	Hvul	8.15	3.50	2.90							7.32	89.8	3.69	105.3	3.13	108.0
	Taes	6.56	3.54	3.03							5.95	90.7	4.03	113.6	3.13	103.1

Tabla 3.15 Resultados de las medidas de la experimentación con semillas en remojo y su comparación con las semillas secas antes y después de la carbonización en las mismas condiciones

3.4.5.9 Influencia del tiempo y la atmósfera

La experimentación sobre la carbonización de semillas actuales se ha realizado en varios tipos de atmósfera y en diferentes tiempos para comprobar las diferencias que este tipo de variables pueden generar sobre la forma y el tamaño de las semillas durante el proceso de carbonización.

3.4.5.9.1 Atmósfera

Como se observó en el apartado de conservación, las semillas en ambientes reductores se conservan algo mejor, teniendo menos pérdidas que las carbonizadas en ambientes oxidantes.

Se ha realizado un MANOVA sobre las variables tradicionales de tamaño en base logarítmica, cruzándolas con el tipo de atmosfera sobre los datos una vez ya carbonizados. El valor obtenido de p fue de 0,171. Situándose por encima de $\alpha = 0,05$, por lo que se rechaza la hipótesis nula, no existiendo diferencias significativas entre ambas atmósferas. Sin embargo, para evitar un error de tipo II se han observado las diferencias de tamaño entre las dos atmósferas en cada temperatura.

Los resultados muestran como las variables de tamaño de las semillas carbonizadas en una atmósfera oxidante son ligeramente más pequeñas, pero con muy poca diferencia con respecto a las carbonizadas en una atmósfera reductora (tabla 3.16). En concreto son entre un 4,2% (en el caso de la longitud de las habas) y un 0,6 % (en la longitud de los yeros) más pequeñas, con la excepción de la longitud y la anchura de los guisantes, en las cuales las semillas en ambiente reductor fueron un 1,1 y un 0,4% menores a las oxidantes y en el grosor de las almortas, un 0,8% menor en el ambiente reductor. Por estos datos los resultados del MANOVA no detectaron diferencia significativa en los tamaños entre las sesiones a diferentes tipos de atmósfera. Si se comparan los cambios en los tamaños en cada rango de temperatura, se observa que a menor temperatura las semillas de una misma especie tienen más o menos el mismo tamaño una vez carbonizadas, independientemente del tipo de atmósfera. Sin embargo, a partir de 350° en todas las especies; salvo en los guisantes, que ocurre a 380°; se observa un cambio claro de tendencia, reduciéndose el tamaño más marcadamente en las sesiones con atmósfera oxidante que reductora, concretamente entre un 5 y un 10% salvo en la anchura de las almortas (1,7%) de las habas (las semillas de ambiente reductor son un 2,7% más grande), la longitud de los yeros (0,4%) y el grosor de las cebadas. Por otro lado, el grosor de las lentejas macroespermicas se redujo un 45,2% más en la sesión oxidante que en la reductora a 350°, mucho más marcada que en el resto. Ya a 380° estas diferencias aumentan entre un 8 y 15% de menor tamaño en la sesión oxidante, salvo en el caso de las almortas, teniendo ambas sesiones porcentajes muy similares y la anchura de las lentejas macroespermicas, con una reducción un 23,2% superior en la sesión oxidante, siendo más marcada que en el resto. Esta misma tendencia se observa a 400°.

<i>Lathyrus sativus</i>								<i>Lens culinris micro</i>								<i>Lens culinris Macro</i>							
Medida		Long.		Anchura		Grosor		Medida		Long.		Anchura		Grosor		Medida		Long.		Anchura		Grosor	
Temp	Trat	RED	OXI	RED	OXI	RED	OXI	Temp	Trat	RED	OXI	RED	OXI	RED	OXI	Temp	Trat	RED	OXI	RED	OXI	RED	OXI
250	%	6.8	11.0	7.4	9.8	6.6	10.0	250	%	4.6	7.0	1.9	6.4	-1.6	6.0	250	%	3.6	7.4	4.6	8.7	3.9	7.0
300	%	13.7	13.4	12.7	10.4	14.2	12.4	300	%	9.1	7.5	8.8	###	10.4	8.5	300	%	8.1	9.9	7.7	6.4	7.8	8.9
350	%	13.6	20.8	9.2	10.9	14.1	18.1	350	%	11.0	18.0	6.4	13.1	12.5	20.1	350	%	14.4	21.3	9.2	12.1	27.5	72.7
380	%	26.0	27.6	22.3	18.5	25.6	20.9	380	%	15.6	29.4	16.2	23.0	17.0	33.0	380	%	24.4	37.5	21.4	44.6	25.2	38.3
400	%	34.4	28.3	19.0	23.7	35.0	28.0	400	%	20.5	24.6	13.7	15.4	21.8	27.9	400	%	21.4	43.0	17.2	4.3	22.8	45.1
MED	%	16.4	18.1	12.2	13.6	16.5	15.7	MED	%	12.8	14.6	7.6	10.5	14.0	15.9	MED	%	14.6	16.4	11.3	12.2	14.5	16.2

<i>Pisum sativum</i>								<i>Vicia ervilia</i>								<i>Vicia faba</i>							
Medida		Long.		Anchura		Grosor		Medida		Long.		Anchura		Grosor		Medida		Long.		Anchura		Grosor	
Temp	Trat	RED	OXI	RED	OXI	RED	OXI	Temp	Trat	RED	OXI	RED	OXI	RED	OXI	Temp	Trat	RED	OXI	RED	OXI	RED	OXI
250	%	4.1	4.9	3.4	4.4	3.0	5.8	250	%	3.3	4.6	3.1	6.8	3.4	5.3	250	%	-10.9	12.6	-13.3	11.1	-10.0	15.6
300	%	8.0	4.1	6.1	4.1	9.7	7.1	300	%	8.7	9.8	8.4	10.1	8.6	11.1	300	%	15.1	14.1	13.2	8.1	17.2	17.3
350	%	13.2	13.5	13.0	12.1	16.3	17.4	350	%	12.0	12.4	11.9	17.0	17.1	20.1	350	%	19.2	25.1	10.9	8.2	20.2	28.0
380	%	15.8	24.6	17.0	30.3	19.5	30.2	380	%	24.0	31.2	25.8	32.9	28.4	38.3	380	%	25.5	34.9	14.6	23.7	28.8	41.0
400	%	11.2	15.8	10.8	18.7	9.3	21.2	400	%	18.0	29.0	22.9	37.6	24.8	35.8	400	%	38.0	24.2	23.8	18.3	40.5	34.5
MED	%	9.7	8.6	9.3	8.9	10.0	11.7	MED	%	12.9	13.4	14.0	16.0	15.8	17.4	MED	%	15.8	20.0	9.5	11.9	17.5	23.8

<i>Vicia sativa</i>								<i>Hordeum vulgare</i>								<i>Triticum durum</i>							
Medida		Long.		Anchura		Grosor		Medida		Long.		Anchura		Grosor		Medida		Long.		Anchura		Grosor	
Temp	Trat	RED	OXI	RED	OXI	RED	OXI	Temp	Trat	RED	OXI	RED	OXI	RED	OXI	Temp	Trat	RED	OXI	RED	OXI	RED	OXI
250	%	3.8	8.0	1.5	2.6	3.4	8.9	250	%	3.2	7.9	-2.6	-0.6	-3.6	-1.4	250	%	3.4	6.6	-6.7	-6.2	-2.5	0.0
300	%	11.1	12.3	6.2	7.2	11.9	12.1	300	%	21.0	17.6	3.3	3.0	-0.4	0.3	300	%	13.2	14.2	-6.7	-6.0	-3.5	-4.2
350	%	15.0	21.9	9.9	16.8	14.7	22.0	350	%	25.7	34.1	9.3	13.9	7.7	7.0	350	%	24.6	30.0	-0.9	5.9	1.8	4.3
380	%	21.8	31.9	15.7	24.1	23.7	32.8	380	%	46.2	55.4	20.4	33.0	21.4	26.2	380	%	42.2	51.3	11.8	18.4	9.8	15.5
400	%	23.7	37.2	17.4	29.2	21.5	39.0	400	%	51.9	56.4	18.9	33.8	15.4	24.6	400	%	42.4	44.3	17.2	16.5	13.4	19.9
MED	%	14.5	17.9	9.5	11.9	14.3	18.7	MED	%	28.0	29.0	9.9	13.4	8.0	8.5	MED	%	24.5	25.3	3.3	3.6	4.3	5.5

Tabla 3.16: Porcentaje de disminución en el tamaño de cada especie después de la carbonización respecto a su estado original. RED = Atmósfera reductora. OXI = Atmósfera oxidante

Para comprobar posibles cambios en las variables de forma se realizó un análisis de MANOVA aplicado a los datos obtenidos después de la carbonización, cruzando las variables de forma transformadas en componentes principales con el tipo de atmósfera. El valor de P fue de 0,835, muy superior al $\alpha = 0,05$ establecido como norma para aceptar la hipótesis nula, por lo cual se acepta, estableciendo que el tipo de atmósfera no genera diferencias estadísticas significativas en las formas de las semillas carbonizadas. Los altos valores obtenidos, muy cercanos a 1, también nos muestran que hay pocas posibilidades de existencia de errores tipo I. Sin embargo, como en las variables de tamaño la observación exhaustiva entre las atmósferas en cada rango de temperatura aportó información no observable en el MANOVA, se decidió comprobar las diferencias o semejanzas entre las formas en cada rango de temperatura.

Las medias de las distancias euclidianas entre las semillas una vez ya carbonizadas en atmósfera reductora y oxidante aporta diferentes resultados en cada especie. En las dos variedades de lentejas las semillas cambian entre un 16,7 y 20% más en un ambiente oxidante frente a uno reductor. En las habas este porcentaje es del 7,1%, muy similar al de las vezas (7%). Ambas especies de cereales también cambian más en esta atmósfera, un 4,3% en las cebadas y un 2,7% en los cereales. Sin embargo, otras especies cambian más en la atmósfera reductora frente a la oxidante, como es el caso de las almortas, con un 6,5% más de cambio en las sesiones reductoras, y los yeros, con un 2,5%. Los guisantes cambiaron exactamente lo mismo en ambos ambientes.

Si se comparan las diferencias de formas en cada temperatura, no se observa ningún patrón ni característica general como en las variables de tamaño (tabla 3.17). No obstante, algunas especies presentan mayores cambios en atmosferas reductoras a bajas temperaturas (250-300°) y mayores cambios en las atmósferas oxidantes a altas temperaturas, como es el caso de ambos tipos de lentejas y las vezas. Todo lo contrario, ocurre en ambos cereales y en los guisantes, con mayores cambios en las atmósferas oxidantes a bajas temperaturas y mayores cambios en las reductoras a altas temperaturas. Por último, en las almortas, los yeros y las habas no se da ningún patrón concreto, alternándose mayores cambios en cada rango de temperatura aleatoriamente.

Temp.	<i>Lathyrus sativus</i>			<i>Lens culinris m.</i>			<i>Lens culinris M.</i>			<i>Pisum sativum</i>			<i>Vicia ervilia</i>		
	EU RED	EU OXI	%	EU RED	EU OXI	%	EU RED	EU OXI	%	EU RED	EU OXI	%	EU RED	EU OXI	%
250	0.07	0.04	100	0.02	0.01	75	0.02	0.01	30.8	0.02	0.02	-4.2	0.02	0.02	-4.5
300	0.02	0.04	-43	0.03	0.03	-17	0.02	0.03	-44	0.03	0.03	-9.4	0.03	0.03	3.33
350	0.05	0.07	-32	0.04	0.05	-28	0.03	0.04	-23	0.04	0.05	-18	0.05	0.05	-1.9
380	0.06	0.05	20.4	0.02	0.04	-45	0.03	0.03	-3.4	0.05	0.05	10.4	0.04	0.04	15.8
400	0.07	0.06	16.1	0.04	0.04	-14	0.03	0.09	-64	0.06	0.05	13.5	0.06	0.07	-13
Media	0.05	0.05	6.52	0.03	0.04	-20	0.03	0.03	-17	0.04	0.04	0	0.04	0.04	2.5

Temp.	<i>Vicia faba</i>			<i>Vicia sativa</i>			<i>Hordeum vulgare</i>			<i>Triticum durum</i>		
	EU RED	EU OXI	%	EU RED	EU OXI	%	EU RED	EU OXI	%	EU RED	EU OXI	%
250	0.06	0.05	37.8	0.07	0.06	14	0.04	0.06	-32	0.07	0.08	-11
300	0.03	0.04	-36	0.05	0.05	6.52	0.08	0.09	-7.9	0.15	0.17	-14
350	0.06	0.09	-35	0.05	0.05	-9.8	0.09	0.12	-23	0.17	0.16	4.27
380	0.06	0.05	21.2	0.04	0.05	-30	0.10	0.09	14.3	0.17	0.16	0.61
400	0.05	0.05	-1.9	0.07	0.08	-20	0.13	0.11	17.4	0.16	0.16	5.13
Media	0.05	0.06	-7.1	0.05	0.06	-7	0.09	0.09	-4.3	0.14	0.15	-2.7

Tabla 3.17: Distancias euclidianas entre las semillas originales y carbonizadas a cada rango de temperatura. EU RED = Distancia euclidiana de las sesiones en atmósfera reductora. EU OXI = Distancia euclidiana de las sesiones en atmósfera OXIDANTES. El porcentaje positivo hace referencia a una mayor distancia en las reductoras y los negativos en las oxidantes

Con estos datos sí se puede constatar cierta influencia del tipo de atmósfera en el tamaño de las semillas durante el proceso de carbonización, dándose una tendencia general en todas las especies estudiadas, sin embargo en la forma parece existir una posible tendencia en algunas especies, mientras que en otras ocurre todo lo contrario o simplemente se dan cambios al azar, por lo que no se puede establecer una influencia clara sobre la atmósfera en la forma de las semillas durante la carbonización, hecho más o menos observable, aunque sin precisar, en los MANOVA.

3.4.5.9.1 Tiempo

Como en la variable de atmósfera, se ha realizado un MANOVA para comprobar si el tiempo de exposición durante la carbonización influye en los tamaños de las semillas después de este proceso. El valor de p fue de 0,048, por debajo del nivel de significancia de 0,05, rechazándose la hipótesis nula, existiendo por lo tanto diferencias estadísticas significativas entre los tamaños de las muestras carbonizadas durante tiempos diferentes a la misma temperatura. Como el valor de p está muy cercano al 0,05 y existe la posibilidad de cometer un error de tipo I, se decidió comprobar los cambios de tamaño producidos en cada rango de temperatura en cada uno de los diferentes tiempos a los cuales se expusieron las muestras (6 o 12 horas).

De media, todas las especies redujeron más su tamaño en las sesiones de 12 horas que en las de 6 horas, sin ninguna excepción (tabla 3.18). Las especies con menos diferencia entre ambos tiempos fueron las vezas (con tamaños entre un 2,5% en la longitud y un 3,8% en la anchura menores en las sesiones de 12 horas) lentejas microespermicas, los yeros y las lentejas macroespermicas, con valores en torno al 5% menores en las sesiones de 12 horas. El resto de especies se redujeron entre un 7,1% y un 18,2% en las diferentes variables de tamaño, destacando las cebadas y las habas como las especies con las semillas más pequeñas en las sesiones de 12 horas frente a las de 6. En las 4 especies citadas con menor diferencia son precisamente las únicas en que en el rango de 300° casi no hay diferencias entre los dos grupos de tiempo, sin embargo, a partir de 350° sí que aparecen ya menores tamaños en las sesiones de 12 horas. En el resto de especies, en todos los rangos de temperatura, se observan mayores reducciones de tamaño en las sesiones de 12 horas salvo a 400° en los guisantes, los yeros y las vezas. Sin embargo, este grupo hay que analizarlo con mucha atención ya que en la sesión de 12 horas únicamente se conservaron 2 vezas, 2 guisantes y 2 habas, pudiendo estar estas especies influenciadas por el tamaño natural de los únicos individuos que no se calcinaron.

<i>Lathyrus sativus</i>							<i>Lens culinris micro</i>							<i>Lens culinris Macro</i>									
Medida		Long		Anchura		Grosor		Medida		Long		Anchura		Grosor		Medida		Long		Anchura		Grosor	
Tem.	Tim.	6	12	6	12	6	12	Tem.	Tim.	6	12	6	12	6	12	Tem.	Tim.	6	12	6	12	6	12
300		26.5	27.6	23.9	25.2	42.1	28.4	300		19.2	18.2	13.6	17.0	20.1	21.0	300		NA	16.5	NA	15.0	NA	15.6
350		25.0	27.1	13.4	18.7	25.7	28.4	350		12.0	20.8	3.2	12.3	15.6	23.5	350		15.7	27.1	7.6	17.5	15.8	26.3
380		33.8	39.1	16.1	33.2	29.1	38.3	380		27.7	30.7	16.9	31.2	32.2	33.7	380		27.0	41.2	13.4	36.2	29.0	42.5
400		28.6	70.5	14.0	55.4	31.4	61.5	400		30.6	43.3	20.4	35.5	31.6	51.7	400		31.2	40.9	24.1	32.3	34.5	40.1
MEDIA		27.3	35.6	16.5	26.5	25.2	36.0	MEDIA		20.9	24.2	12.7	21.3	23.8	27.5	MEDIA		22.7	28.1	13.6	21.9	24.3	28.1

<i>Pisum sativum</i>							<i>Vicia ervilia</i>							<i>Vicia faba</i>									
Medida		Long		Anchura		Grosor		Medida		Long		Anchura		Grosor		Medida		Long		Anchura		Grosor	
Tem.	Tim.	6	12	6	12	6	12	Tem.	Tim.	6	12	6	12	6	12	Tem.	Tim.	6	12	6	12	6	12
300		8.8	16.0	7.2	12.4	10.3	19.0	300		18.3	17.4	22.1	17.2	21.4	17.5	300		24.8	30.1	25.6	26.3	25.0	34.0
350		9.2	22.7	8.1	22.2	10.9	27.6	350		17.8	22.4	18.5	22.4	21.2	32.1	350		28.0	38.3	15.5	22.0	31.5	40.3
380		15.9	25.5	21.3	27.2	16.9	31.2	380		21.5	47.7	26.3	51.0	30.9	56.4	380		32.2	43.4	12.6	25.0	33.5	48.9
400		18.9	6.9	21.7	1.4	17.1	1.4	400		35.2	22.0	41.3	32.0	47.2	33.4	400		35.9	104	20.0	48.8	44.7	96.2
MEDIA		12.0	20.0	11.2	18.3	12.7	22.6	MEDIA		22.9	27.7	26.3	30.3	29.6	34.4	MEDIA		29.0	42.1	17.9	28.8	32.0	44.2

<i>Vicia sativa</i>							<i>Hordeum vulgare</i>							<i>Triticum durum</i>									
Medida		Long		Anchura		Grosor		Medida		Long		Anchura		Grosor		Medida		Long		Anchura		Grosor	
Tem.	Tim.	6	12	6	12	6	12	Tem.	Tim.	6	12	6	12	6	12	Tem.	Tim.	6	12	6	12	6	12
300		23.1	22.0	9.2	12.4	21.3	24.1	300		25.9	34.6	4.3	6.2	-0.4	-1.5	300		19.7	26.1	-17	-14	-6.6	-7.0
350		23.6	26.6	16.2	17.5	23.6	26.5	350		45.5	51.7	4.9	17.8	1.8	14.5	350		39.1	48.9	-8.6	-2.1	-8.9	3.1
380		32.1	41.5	20.1	29.8	31.4	44.7	380		61.5	92.6	23.2	41.6	21.5	42.7	380		52.0	84.4	3.7	24.0	1.3	20.0
400		35.5	29.4	24.3	27.4	34.2	19.5	400		82.1	124	29.6	45.0	20.6	40.5	400		74.3	91.6	22.7	46.6	18.8	34.2
MEDIA		27.9	30.3	16.9	20.7	27.1	30.8	MEDIA		51.3	69.5	14.6	26.4	10.3	22.1	MEDIA		43.9	58.4	-1.4	9.1	0.7	10.4

Tabla 3.18: Porcentaje de disminución en el tamaño de cada especie después de la carbonización respecto a su estado original. 6 = sesiones expuestas durante 6 horas. 12 = sesiones expuestas durante 12 horas. Tem. = Temperatura. Tim. = Tiempo

El MANOVA realizado sobre las variables de forma transformadas en componentes principales aplicado a los datos obtenidos después de la carbonización con la variable de tiempo como factor categórico, ha obtenido un valor de p de 0,9154, aceptándose la hipótesis nula, no existiendo diferencias estadísticas significativas entre las formas obtenidas en sesiones de 6 y 12 horas. Sin embargo, se ha calculado las diferencias entre los tiempos para analizar cada rango de temperatura individualmente y ver si existe alguna tendencia que no se aprecie en el análisis de la varianza.

A diferencia de los tipos de atmósfera, la media de la distancia euclidiana fue mayor en las sesiones de 6 horas que en las de 12, salvo en el caso de las habas. Esto indica que las formas cambiaron más en sesiones de carbonización más cortas. Cuando observamos cada rango de temperatura por separado en cada especie, se aprecia como a 350° en la mayoría de las especies las formas cambiaron más en las sesiones de 12 horas, salvo en las almortas y los cereales (tabla 3.19). Otra excepción se observa en los guisantes, ya que a pesar de que la media indica un cambio mayor de forma en las sesiones de 6 horas,

al desglosar los rangos de temperatura vemos el caso inverso a 350°, 380° y 400°, hecho parecido al caso de las cebadas, pero a 300°, 380° y 400°. De nuevo, se observa como en los casos de forma es más complicado encontrar tendencias generales, debiéndose estas diferencias a factores aleatorios y no causadas por el tiempo de exposición como sugiere el análisis de la varianza.

Temp.	<i>Lathyrus sativus</i>			<i>Lens culinris m.</i>			<i>Lens culinris M.</i>			<i>Pisum sativum</i>			<i>Vicia ervilia</i>		
	EU 6	EU 12	%	EU 6	EU 12	%	EU 6	EU 12	%	EU 6	EU 12	%	EU 6	EU 12	%
300	0.03	0.02	19.05	0.03	0.03	0	NA	0.02	0	0.04	0.03	20.69	0.03	0.03	3.333
350	0.08	0.05	59.57	0.03	0.04	-19.4	0.02	0.03	-35.3	0.03	0.04	-21.4	0.04	0.05	-26.9
380	0.07	0.06	23.73	0.04	0.02	68.18	0.05	0.03	67.86	0.03	0.05	-43.4	0.07	0.05	44.44
400	0.06	0.05	31.11	0.04	0.03	42.86	0.04	0.02	111.1	0.06	0.07	-16.7	0.06	0.06	1.667
MEDIA	0.06	0.05	28.26	0.04	0.02	62.5	0.03	0.02	45.45	0.04	0.03	32.14	0.05	0.03	50

Temp.	<i>Vicia faba</i>			<i>Vicia sativa</i>			<i>Hordeum vulgare</i>			<i>Triticum durum</i>		
	EU 6	EU 12	%	EU 6	EU 12	%	EU 6	EU 12	%	EU 6	EU 12	%
300	0.05	0.03	71.43	0.06	0.05	26.53	0.08	0.08	-9.64	0.15	0.15	-2.03
350	0.04	0.06	-36.7	0.04	0.05	-6.52	0.11	0.09	28.09	0.19	0.17	13.45
380	0.05	0.06	-15.9	0.06	0.04	59.46	0.09	0.10	-12.5	0.18	0.17	6.061
400	0.05	0.07	-23.5	0.07	0.04	78.05	0.12	0.18	-33.5	0.16	0.12	37.93
MEDIA	0.05	0.05	-7.84	0.06	0.04	52.63	0.11	0.07	51.39	0.17	0.10	66.99

Tabla 3.19: Distancias euclidianas entre las semillas originales y carbonizadas a cada rango de temperatura. 6 = sesiones expuestas durante 6 horas. 12 = sesiones expuestas durante 12 horas. El porcentaje positivo hace referencia a una mayor distancia en las sesiones de 6 horas y los negativos en las de 12

Con todos estos datos se puede establecer una ligera influencia del tipo de atmósfera en el tamaño de las semillas una vez ya carbonizadas, obteniéndose mayores reducciones de tamaño en los ambientes oxidantes, así como una mayor pérdida de individuos. El tiempo de exposición produce cambios de tamaño algo más marcados que el tipo de atmósfera, obteniéndose semillas más pequeñas cuando se exponen a altas temperaturas más tiempo (en este caso 12 horas frente a 6). Por último, en ambos análisis ha sido más difícil establecer si estas condiciones influyen en las formas obtenidas después de la carbonización ya que la dispersión de los datos no permite establecer tendencias claras, pudiendo estar ocasionadas por la simple variabilidad de semillas y no por estos factores

3.4.6 Conclusiones

La experimentación de carbonización de semillas de cereales y leguminosas ha sido muy fructífera, supliendo las dudas que los estudios previos nos habían generado. En un primer punto se ha podido establecer la menor resistencia ante altas temperaturas de esta familia frente a los cereales, pudiendo ser uno de los motivos por lo que la presencia de las leguminosas en los contextos arqueológicos es escasa. Por otro lado, a través de las comparaciones de los tamaños y las formas se ha podido constatar cómo los cereales reducen y cambian más su tamaño y forma durante la carbonización que las leguminosas, en una proporción más alta de la esperada. Otro dato general observado es como las leguminosas se van pareciendo más entre ellas conforme se carbonizan, creando problemas para identificarlas, especialmente evidente en los materiales arqueológicos. Este hecho queda evidenciado en los cambios sufridos tanto en las formas como en los tamaños en los gráficos de PCA y LDA, pasando de áreas bastante diferenciadas en cada especie a áreas más superpuestas después de la carbonización.

Al utilizarse dos tipos de atmósfera se ha podido determinar pequeñas diferencias entre los ambientes reductores y oxidantes en el tamaño de las semillas, reduciéndose más en ambientes oxidantes a altas temperaturas, hecho relacionado con la menor pérdida de individuos en los ambientes reductores. Sin embargo, no se han podido establecer diferencias definidas en las variables de forma. El tiempo de exposición influye en el tamaño, reduciéndose más las semillas expuestas durante sesiones más largas, aunque las formas permanecen más o menos iguales ante esta variable.

Las semillas que anteriormente a la carbonización han estado embebidas en agua y no se han secado antes de someterse a altas temperaturas presentan tamaños mayores que las semillas carbonizadas en las mismas condiciones pero que estaban secas, aunque no se han observado diferencias significativas en la forma. A pesar de que se pueden desprender en cotiledones más fácilmente que el resto de semillas carbonizadas, es interesante tener este hecho presente al observar diferentes tamaños en semillas arqueológicas, ya que podría ser uno de los motivos por los cuales algunas semillas son más grandes manteniendo la misma forma, además de otros posibles factores como la irrigación o la presencia de diferentes variedades.

Otro dato aportado con esta experimentación es el potencial que tiene la morfometría geométrica en diferenciar formas de varias variedades de una misma especie de leguminosas, o al menos de lentejas; confirmándose la efectividad ya analizada en cereales y frutales. Estos resultados dan pie a posibles investigaciones futuras centradas en variedades de una misma especie o para establecer diferencias entre especies muy similares entre ellas (como *Lathyrus sativus* y *cicera*).

La experimentación ha permitido comprobar estadísticamente como algunas especies de leguminosas aumentan sus semejanzas en tamaño y forma después de carbonizarse. Destaca la superposición que presentan los datos de las vezas con los guisantes y esta última especie con las almortas, sin embargo, se han podido establecer modelos

predictivos que llegan a mejorar su identificación, aunque en un menor grado que en otras especies como las lentejas o las habas.

Los análisis discriminantes han permitido comprobar las evidencias descritas además de demostrar su efectividad como modelos predictivos en identificación de especies de leguminosas. Los modelos lineales creados con semillas actuales carbonizadas se han mostrado muy útiles para predecir el taxón de las especies arqueológicas, pudiéndose aplicar en semillas arqueológicas que presenten dudas en su identificación taxonómica a nivel de especie. Los distintos modelos aplicados han confirmado la mejor predicción de los modelos creados con materiales carbonizados sobre materiales también carbonizados, hecho completamente lógico que apoya la metodología utilizada en el estudio sobre materiales arqueológicos de este trabajo como se verá más adelante.

Dentro de todos los modelos predictivos, se ha comprobado cómo los basados en los datos tradicionales de tamaño presentan los peores datos, aumentando considerablemente las predicciones los modelos basados en la forma. Por último, los modelos creados con los datos conjuntos de tamaño y forma han aportado resultados un poco mejores que los de forma, pero como ya se ha comentado este tipo de análisis generan algunas controversias al necesitarse tres PCAs diferentes para su procesamiento. Al aumentar la probabilidad a posteriori a un 90% se ha podido ver el gran potencial del análisis de contorno a través de la morfometría geométrica y las transformaciones elípticas de Fourier para crear modelos que permitan mejorar la identificación de individuos dudosos y detectar variedades de una misma especie en restos arqueológicos. Estos resultados abren la posibilidad de utilizar estos modelos predictivos, especialmente los basados en materiales actuales carbonizados, para intentar predecir las identificaciones de materiales arqueológicos indeterminados, pudiéndose ampliar a especies muy similares entre ellas como las almortas y las almortas de monte o incluso para establecer posibles variedades arqueológicas. No obstante, este tipo de estudios requieren de una gran recolección de muestras actuales para poder crear una base de datos predictiva potente y discriminante.

Con la aplicación de los modelos basados en todos los datos, en las semillas originales y en las carbonizadas en las mismas muestras, se obtiene un reflejo del cambio producido durante la carbonización. Como ya se ha visto, los modelos basados en las formas tienen un porcentaje predictivo mejor que los que se basan en el tamaño, indicando que los cambios producidos durante la carbonización afectan más al tamaño de las semillas que a sus formas. La alta efectividad obtenida al aplicar estos modelos como muestras de adiestramiento ha permitido su uso en materiales arqueológicos dudosos, como se ve en el próximo capítulo.

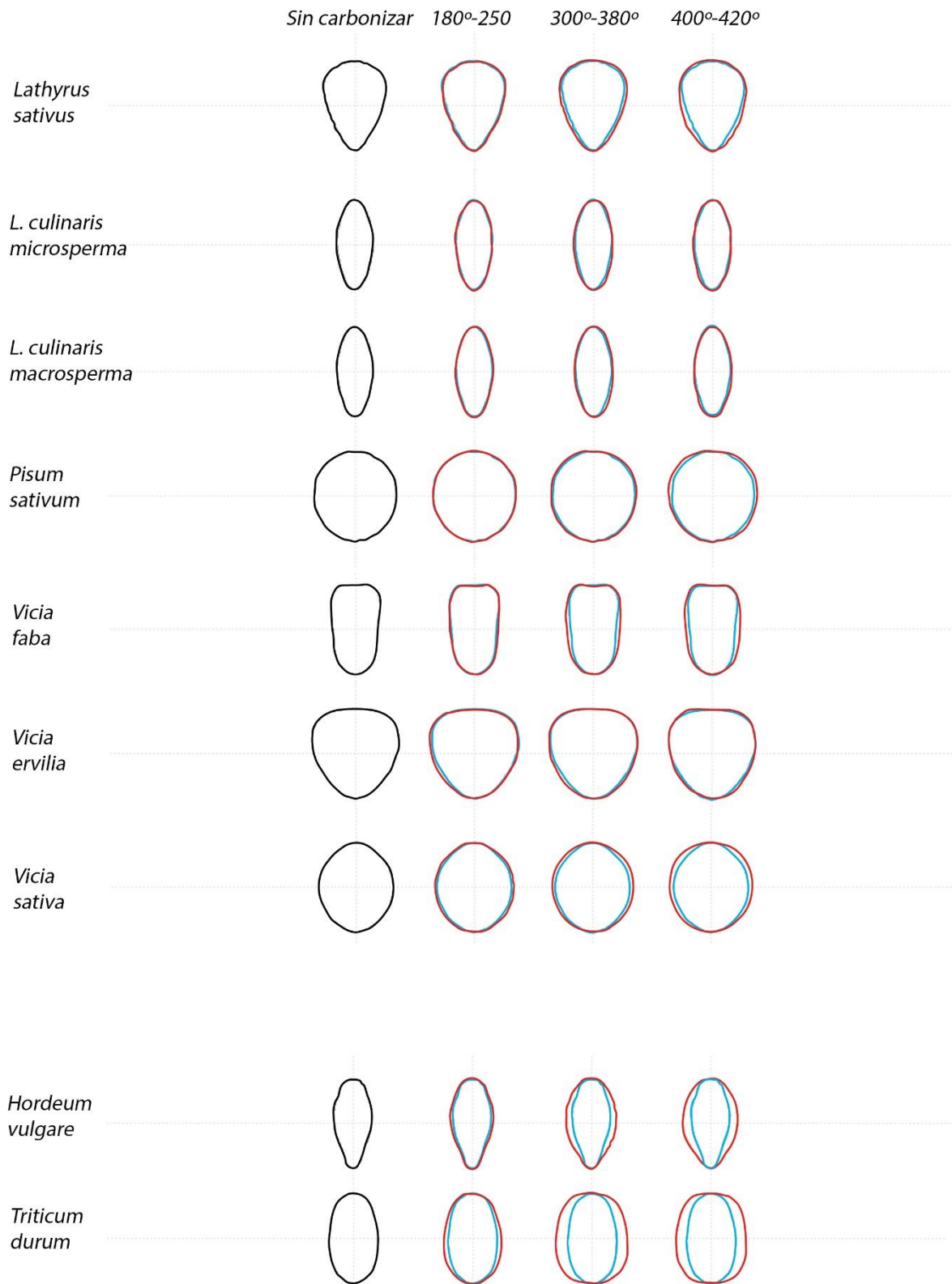


Figura 3.38: Esquema de los cambios de forma durante la carbonización a diferentes temperaturas comparados con la forma original. Todas las formas se corresponden a las vistas ventrales

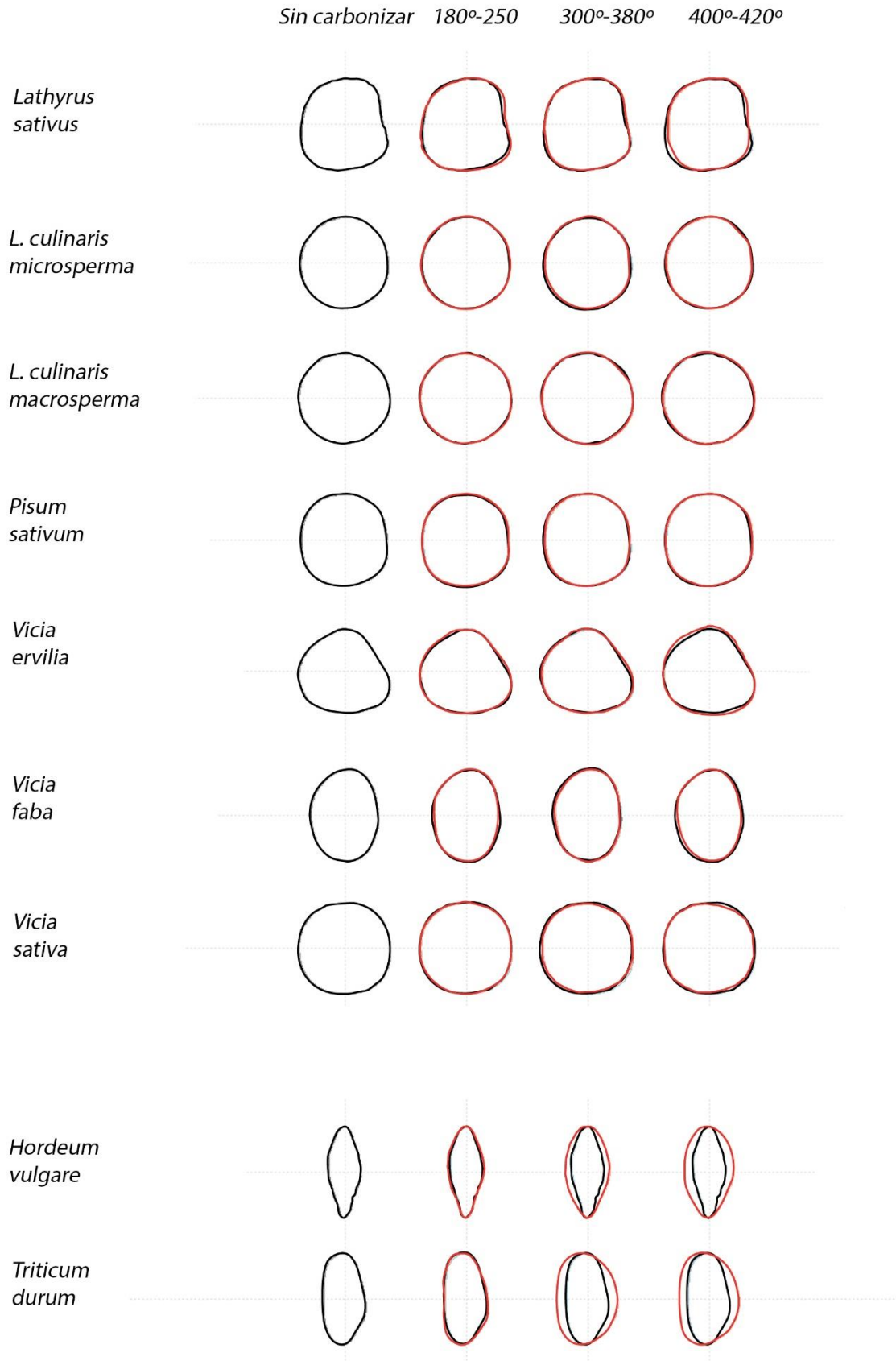


Figura 3.39: Esquema de los cambios de forma durante la carbonización a diferentes temperaturas comparados con la forma original. Todas las formas se corresponden a las vistas laterales

3.5. Restos arqueológicos

Gran parte de esta investigación se ha centrado en re-estudiar las semillas arqueológicas del Mediterráneo occidental durante la Edad del Bronce y del Hierro cedidas por los diferentes investigadores que trabajan en este marco geo-cronológico. En esta sección nos centramos en los análisis de morfometría geométrica y tradicional que se han aplicado a estos restos.

Las 7272 semillas fueron fotografiadas y tratadas siguiendo los pasos del apartado 2.2.1, como también se hizo con las semillas de la experimentación de carbonización. Como en el capítulo anterior se analizaron los datos de tres formas diferentes; la primera fue utilizando los datos de tamaño individualmente, la segunda se centró en las variables de forma y por último ambos datos en conjunto.

Los análisis estadísticos utilizados son los descritos en el apartado 2.3, realizándose primero los análisis descriptivos y posteriormente los explicativos entre las diferencias y semejanzas entre los restos. Los aspectos analizados son las diferencias entre las formas y los tamaños de las diferentes especies entre ellas, creando posteriormente análisis predictivos para aplicar las predicciones obtenidas de semillas arqueológicas que no presentan dudas taxonómicas sobre los materiales dudosos. Por otro lado, se han comparado las posibles diferencias intraespecíficas a niveles regionales y cronológicos entre todos los individuos de una misma especie, observando también si existen diferencias o semejanzas entre yacimientos de una misma región o de diferentes muestras de un mismo yacimiento, como ya se observó en el yacimiento de Font de la Canya (Tarongi et al., 2021).

3.5.1 Resultados

Antes de aplicar diferentes análisis estadísticos a los datos hay que tener presente la desigualdad existente entre las diferentes observaciones. Como se observa en la naturaleza de los materiales estudiados (sección 3.2.1) existen muchos individuos de habas almortas y lentejas, mientras que los restos de vezas yeros y almortas son menores, pudiendo confundir en ocasiones las distribuciones realizadas en los análisis descriptivos, pero corregidas en las analíticas explicativas a través de las ponderaciones y permutaciones realizadas. También la desigualdad de datos es evidente al comparar las regiones geográficas, las diferentes cronologías y las muestras entre ellas como se irá describiendo en los siguientes apartados. En el Anexo XI se recogen todos los datos de cada semilla analizada, con todas las variables de tamaño y forma.

3.5.1.1 Comparaciones taxonómicas

3.5.1.1.1 Datos de tamaño

3.5.1.1.1.1 Análisis descriptivos

En un primer análisis se realizó un PCA para juntar las tres variables de tamaño de base logarítmica en nuevas variables que describan la varianza. Al colocar los dos primeros componentes en un biplot, se aprecia como las lentejas y las habas se distribuyen en los extremos del primer componente, el cual explica la mayor parte de la variabilidad. En la parte central se encuentran las almortas, las cuales comparten espacio con los guisantes, aunque estos últimos se encuentran en la parte más negativa del eje x y positiva del y respecto a las almortas. Los yeros también se individualizan, dispersándose en los mismos valores del PC1, pero con un PC2 más elevado, mientras que las vezas comparten espacio entre los yeros, guisantes y almortas.

Para obtener más datos descriptivos se realizó un LDA sobre las tres variables de tamaño en base logarítmica. Posteriormente se colocaron dos primeros LD en un biplot, obtenemos una gráfica en la cual se refleja más del 95% de la variabilidad. Este análisis distribuye las semillas más discriminadamente, recreando grupos más exactos, con se muestra en la figura 3.40. En este caso se aprecia de nuevo las lentejas y las habas separadas del resto de semillas, ambas en los extremos del eje x de la gráfica. En el centro se encuentran principalmente las almortas, superponiéndose parcialmente con los guisantes en los mismos valores de x, aunque esta última especie presenta valores negativos en el eje y mayores que las almortas. Los yeros también se sobreponen parcialmente, aunque se sitúan más definidos respecto a las almortas que los guisantes, situándose con valores negativos de LD1 más altos. Las vezas están menos definidas, pero más o menos distribuidas entre las almortas y los guisantes.

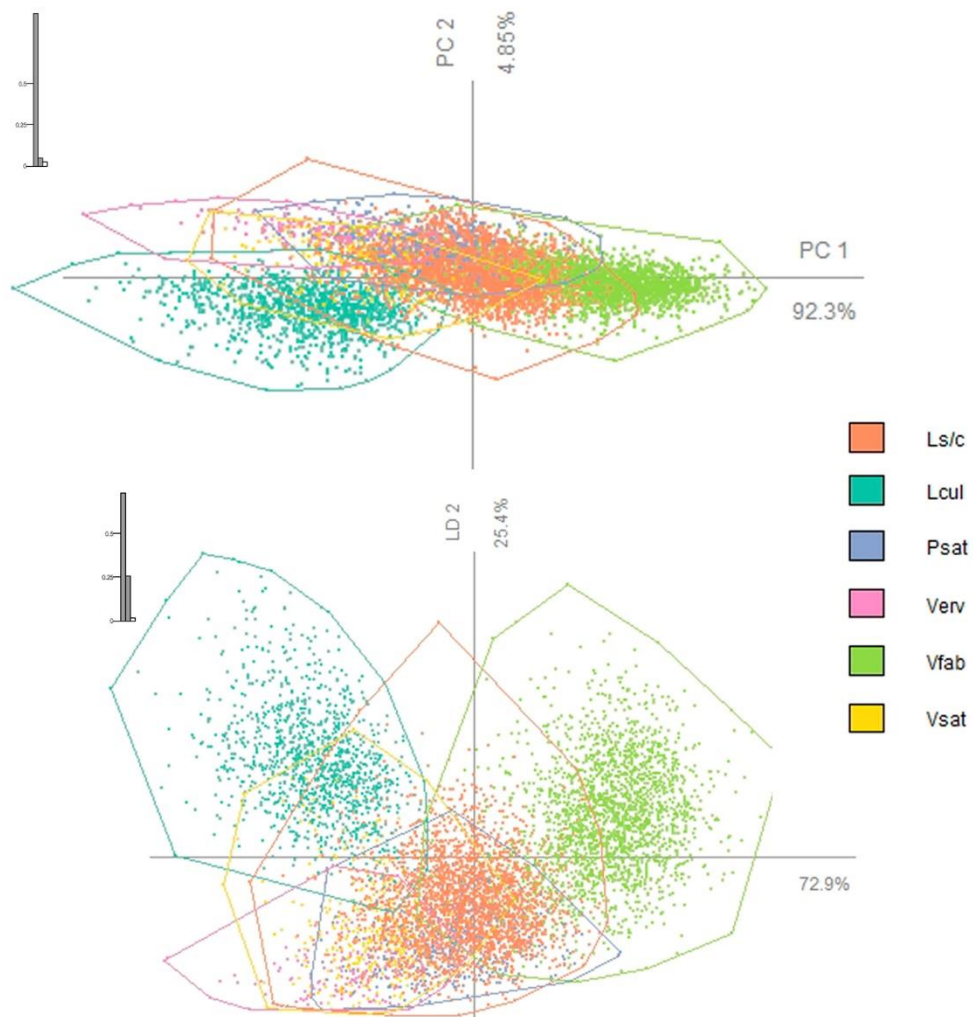


Figura 3.40: Arriba.: Biplot desarrollado sobre los dos primeros componentes del PCA realizado sobre las variables de tamaño de las semillas de leguminosas arqueológicas sin dudas taxonómicas. Abajo.: Mismo ejemplo, pero con los LD del análisis lineal discriminante

3.5.1.1.1.2 Análisis explicativos

Se realizó un análisis multivariado de la varianza (MANOVA) para confirmar estadísticamente las diferencias de tamaño entre las especies observadas en el apartado descriptivo. Como variables dependientes se utilizaron los datos transformados logarítmicamente de las medidas tradicionales y como variable categórica independiente los taxones estudiados. El valor de P del estadístico de prueba de Pillai fue de $2.2e-16$,

por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, existiendo diferencias estadísticas significativas entre cada especie.

Los resultados explicativos obtenidos del análisis lineal discriminante aplicado en las variables de tamaño realizado anteriormente, se han validado con el sistema de validación bootstrapping, eligiendo grupos de 500 individuos en 1000 permutaciones, ya que es el más efectivo en las muestras con categorías cuyos números de observaciones son desiguales. Los resultados obtenidos en estas permutaciones han dado un 70% de efectividad predictiva en el caso más bajo y 79% en el más alto con una media del 74% de predicción correcta. Por lo tanto, podemos deducir que es un modelo efectivo, aunque con algunos fallos, ya que al utilizar la variable categórica de taxones y tener seis categorías (*Lens culinaris*, *Lathyrus cicera/sativus*, *Pisum sativum*, *Vicia ervilia*, *Vicia faba* y *Vicia sativa*), un modelo nada predictivo hubiese reclasificado correctamente el 16,6% de los individuos analizados.

El modelo LDA obtenido en los datos de tamaño de todas las observaciones arqueológicas que no generaron dudas taxonómicas en su identificación, ha aportado un modelo general en el cual se predijeron correctamente el 83% de los individuos (tabla 3.20, todos los resultados en el Anexo XII). Obteniendo muy buenos resultados en las lentejas (95% de todos sus restos reclasificados correctamente) las almortas (91,5%) y las habas (91,5%). Sin embargo, los guisantes (12,5%) y las vezas (27,7%) tuvieron predicciones muy bajas, en el caso de los guisantes por debajo del 16,6% aleatorio generado en una variable de 6 categorías.

Especie	<i>Ls/c</i>	<i>Lcul</i>	<i>Psat</i>	<i>Verv</i>	<i>Vfab</i>	<i>Vsat</i>	NA	Predicción total
Modelo basado en las variables de tamaño de las leguminosas arqueológicas sin dudas taxonómica	91.52%	95.00%	12.53%	53.33%	91.52%	27.68%	0.00%	83.55%
Probabilidad a posteriori de 90%	40.03%	83.63%	0.00%	7.88%	81.82%	0.00%	43.11%	55,33%

Tabla 3.20: Resultados predictivos del LDA obtenido en las variables de tamaño de material arqueológico sin dudas taxonómicas. Todos los resultados en el Anexo XI

Siempre hay que tener en cuenta que los modelos LDA realizan la reclasificación asignando un individuo a la especie con la cual comporte más porcentaje de semejanza, pudiendo ser desde el porcentaje aleatorio más una décima (16,7% en este caso), hasta el 100%. Por este motivo se calculó la predicción a posteriori del 90%, descendiendo los porcentajes de predicciones drásticamente en el caso de las variables de tamaño, con un porcentaje global de predicción correcta del 55,33%. Con este cálculo las únicas especies que mantienen un alto porcentaje de predicción correcta son las lentejas y las habas con

un 83,6 y un 81,8%. Las almortas descienden al 40%, los yeros al 7,9% y los guisantes y las vezas no tuvieron ninguna semilla asociada con un porcentaje superior al 90%. Además de no tener ninguna semilla bien reclasificada, el 7,2% de los guisantes se clasificaron erróneamente como almortas y el 4,4% de las vezas como lentejas; eso supone que el modelo predijo que esos individuos tienen un 90% de probabilidades de ser la especie que no eran. En total el 43,11% de las semillas se quedaron sin clasificar, destacando el 93,2% de las vezas y el 92,8% de los guisantes, mientras que en el otro extremo se encuentran las lentejas con el 16,1% y las habas con el 16,9%.

El porcentaje de reclasificación correcta de este modelo (83,5%) es inferior al de la experimentación sobre carbonización realizado sobre las leguminosas sin carbonizar (96,4%) y algo inferior pero muy próximo al de las leguminosas una vez ya carbonizadas (86,5%), el cual es al que más debería parecerse al estar también las semillas arqueológicas carbonizadas. Las identificaciones con una probabilidad a posteriori de un 90% de este modelo es de un 55,3%, inferior al modelo basado en las leguminosas actuales sin carbonizar (80%) pero idéntico al modelo en semillas actuales carbonizadas (55,3%). Por lo tanto, las predicciones realizadas sobre las variables de tamaño son más o menos igual de efectivas en las semillas arqueológicas sin dudas taxonómicas que en los individuos actuales carbonizados.

3.5.1.1.2 Datos de forma

3.5.1.1.2.1 Análisis descriptivos

Para simplificar los 64 coeficientes obtenidos en cada semilla (4 por cada armónico x 8 armónicos x 2 vistas) se ha realizado un análisis de componentes principales como en los casos anteriores. Al colocar los dos primeros componentes en un biplot, se aprecia las habas se distribuyen diferenciadamente del resto de taxones en el área negativa del eje y y en gran parte de la negativa del eje x, aunque una parte pase ya a la positiva (figura 3.41). Las lentejas también se diferencian del resto de especies, pero con algunos individuos superpuestos con las vezas, las almortas y los guisantes; en su mayor parte se encuentran en la parte negativa del eje x y en la positiva del eje y. Entre las otras cuatro especies existe una cierta superposición, especialmente entre los guisantes y las almortas, las vezas también comparten gran parte de esta área del gráfico, pero se sitúan más hacia la parte negativa del eje x, mientras que los yeros lo hacen hacia la positiva. Aunque en un primer momento parezca que la forma genera modelos más superpuestos, esto se debe parcialmente a que los dos primeros componentes de este análisis explican el 49,6% de la varianza, mientras que el biplot de los tamaños agrupa al 97%.

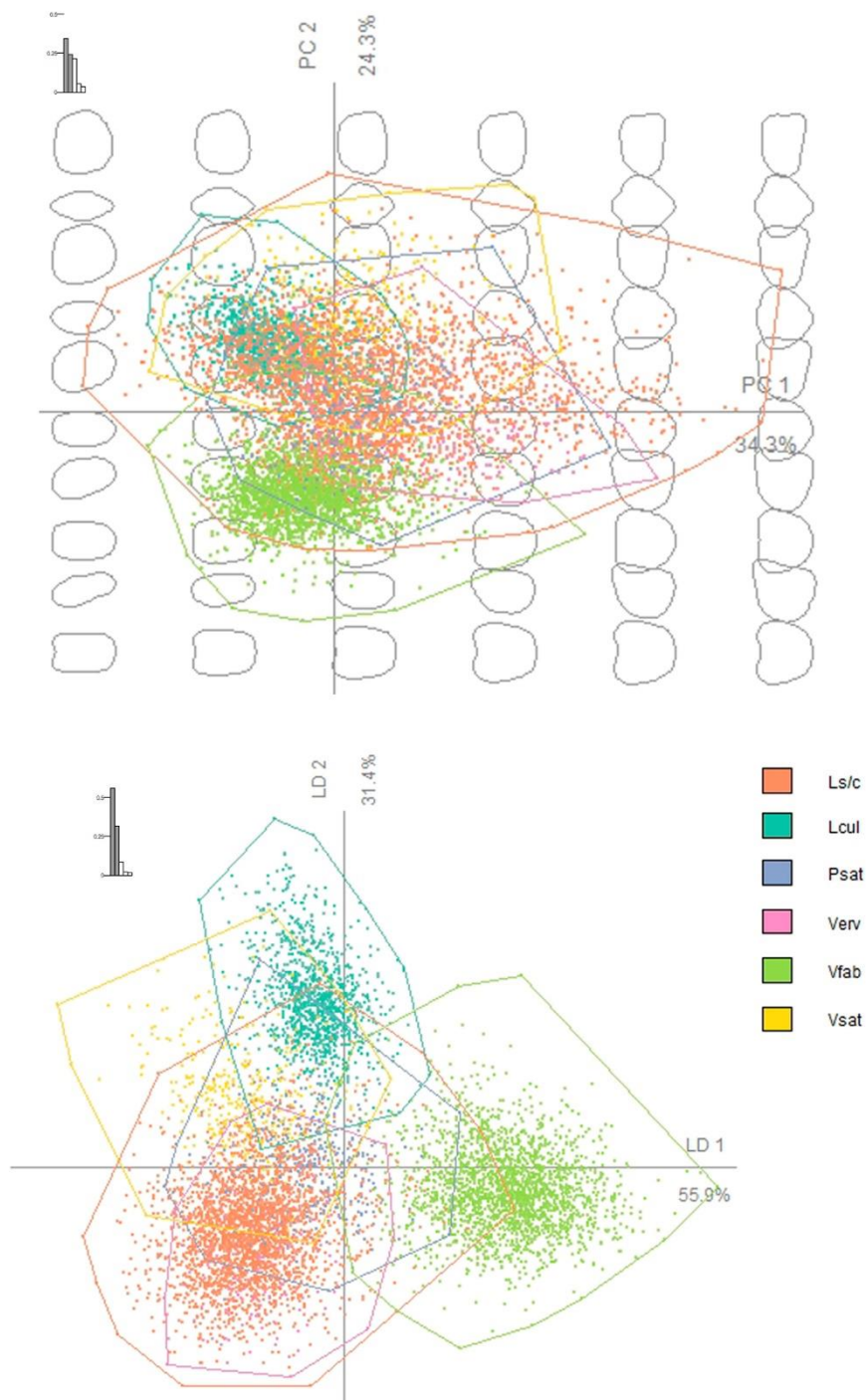


Figura 3.41: Gráfico superior.: Biplot desarrollado sobre los dos primeros componentes del PCA realizado sobre las variables de forma de las semillas de leguminosas arqueológicas sin dudas taxonómicas. Gráfico inferior.: Mismo ejemplo, pero con los LD del análisis lineal discriminante

También se ha realizado un LDA utilizando las variables de forma como variables dependientes y los taxones como los grupos de la variable independiente. A diferencia del PCA que genera una variable nueva por cada variable dependiente, el LDA genera una variable nueva por cada categoría (taxones en este caso), siendo únicamente 6 y por lo tanto en los dos primeros LDs se acumula más porcentaje de la variabilidad que en los dos primeros componentes principales en el caso de las formas, acumulando el 87% del total, por ese motivo los especies se encuentran menos dispersas y menos superpuestas que en el caso anterior. En este caso el LDA se realizó sobre los 64 coeficientes obtenidos por cada semilla, ya que este análisis no pierde eficacia como el PCA al aumentar las variables dependientes, pudiendo analizar toda la variabilidad de las formas. Al colocar el LD1 en el eje de las x y el LD2 en el de las y, se distinguen claramente las habas y las lentejas del resto de las especies. De nuevo existe cierto solapamiento entre los 4 restantes, aunque bastante menos que en el caso anterior. Las vezas aparecen en la parte positiva del eje y y la parte negativa del x, distribuyéndose entre las lentejas y las almortas. Esta última se distribuye en la parte negativa de los dos ejes, aunque algunos individuos se extienden por los otros tres cuadrados. Los yeros comparten con la anterior la totalidad de su espacio, aunque la totalidad de sus individuos tienen valores negativos de x menores que la media de las almortas. Por último, los guisantes se encuentran entre el área de las almortas, las vezas y las lentejas, aunque la mayoría de sus individuos presentan valores de y mayores que el grupo de las almortas. Comparado con el LDA realizado en las variables de tamaño este es más discriminativo, especialmente con las vezas.

3.5.1.1.2.2 Análisis explicativos

Aunque en la estadística descriptiva se ven claras diferencias entre las formas de las diferentes especies, se ha realizado un análisis multivariado de la varianza (MANOVA) para confirmar estadísticamente las diferencias de forma entre las especies observadas en el apartado descriptivo. Como variables dependientes se utilizaron los componentes principales obtenidos del PCA anterior, conservando los que contenían el 95% de la variabilidad de la muestra (un total de 10) ya que el MANOVA puede distorsionarse si se incluyesen las 64 variables, especialmente con los últimos componentes los cuales no aportan prácticamente información. La variable categórica independiente fue la que contiene los seis taxones estudiados. El valor de P del estadístico de prueba de Pillai fue de $2.2e-16$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, existiendo diferencias estadísticas significativas entre cada especie.

Al utilizarse las mismas observaciones en las variables de tamaño que en las de forma, las categorías de la variable independiente también están desequilibrados, por lo que se realizó una validación *bootstrapping* utilizando 500 individuos de cada taxón en cada una de las 1000 permutaciones realizadas, ponderando las especies y obteniendo un sistema que permita valorar la efectividad del LDA en los individuos del estudio. El valor mínimo obtenido en las permutaciones ha sido de un 83,7% de efectividad predictiva, el máximo fue del 91,8% con un valor medio del 87,5%, mejorando los valores obtenidos en los

análisis de tamaño, quedando estos resultados muy lejos del 16,6% que se obtendría de forma aleatoria.

El modelo lineal discriminante obtenido en las variables de forma de las semillas arqueológicas sin dudas taxonómicas, generó una predicción correcta en el 93,5% de los individuos analizados (tabla 3.21, todos los resultados en el Anexo XI). De nuevo las lentejas y las habas obtuvieron los mejores resultados, en torno a un 98% de sus restos bien reclasificados, seguidas de las almortas, con un 91,6%. En las tres especies restantes el porcentaje de predicción se situó en torno al 82% por lo que este modelo fue bastante exitoso en la predicción taxonómica.

Especie	<i>Ls/c</i>	<i>Lcul</i>	<i>Psat</i>	<i>Verv</i>	<i>Vfab</i>	<i>Vsat</i>	NA	Predicción total
Modelo basado en las variables de forma de las leguminosas arqueológicas sin dudas taxonómica	91.64%	98.30%	82.45%	83.03%	97.94%	81.46%	0.00%	93.48%
Probabilidad a posteriori de 90%	83.91%	95.93%	55.15%	64.85%	95.13%	62.92%	11.67%	86.31%

Tabla 3.21: Resultados predictivos del LDA obtenido en las variables de forma de material arqueológico sin dudas taxonómicas Todos los resultados en el Anexo XI

A pesar de estos buenos resultados obtenidos en el modelo lineal aplicado a la forma, también se decidió calcular la probabilidad a posteriori en un 90%, seleccionando únicamente los datos que fueron realmente bien clasificados en prácticamente su totalidad. Como es lógico, el porcentaje se redujo, pero mucho menos que en las variables de tamaño, reclasificándose correctamente el 86,3% de las semillas. Las habas y las lentejas continuaron con porcentajes muy altos, en torno al 95%, por lo que las formas de estas dos especies se predicen muy bien. En las almortas este modelo también fue bastante preciso, ya que el 83,9% de estas semillas tienen más de un 90 de posibilidades de ser almortas en el modelo predictivo. Los yeros y las vezas consiguieron unos resultados medios, aunque bastante buenos teniendo en cuenta que la probabilidad a posteriori es muy elevada, con un 64,9% de individuos correctamente predichos en la primera especie y del 63% en la segunda. La especie peor reclasificada fue el guisante, con un 55,2%, aunque de nuevo hay que tener en cuenta la alta exigencia que se ha impuesto al modelo, si bajamos la probabilidad a posteriori al 80% cifra establecida en otros estudios (Bonhomme, Terral, et al., 2021), el porcentaje de los guisantes asciende a 65% o incluso al 69% si colocamos el filtro de la probabilidad a posteriori en el 75% como se realiza también en otras publicaciones (Margaritis et al., 2021; Pagnoux et al., 2015). Sin embargo para el resto del estudio continuaremos con el 90% como ya se realizó en el estudio morfo-geométrico sobre leguminosas anterior (Tarongi et al., 2021), únicamente

se quería incidir en que los relativamente bajos porcentajes obtenidos en este análisis no son datos descartables.

El porcentaje de reclasificación correcta de este modelo (93,5%) es algo inferior al de la experimentación sobre carbonización realizado sobre las leguminosas sin carbonizar (98,7%), pero es casi idéntico al obtenido en las leguminosas una vez ya carbonizadas (93,2%), el cual es al que más debería parecerse al estar también las semillas arqueológicas carbonizadas. Las identificaciones con una probabilidad a posteriori de un 90% de este modelo es de un 86,3%, superior tanto al 84,8% del modelo basado en las leguminosas actuales sin carbonizar, como a las actuales carbonizadas (71,5%). Por lo tanto, las predicciones realizadas sobre las variables de forma son mucho más efectivas que las de tamaño, tanto en las semillas actuales como arqueológicas, aunque en este segundo tipo las diferencias son todavía más marcadas. Los datos con una probabilidad a posteriori del 90% son mejores en los restos arqueológicos que en los actuales, siendo el modelo predictivo basado en los restos arqueológicos sin dudas taxonómicas el mejor predictor en las variables de forma.

3.5.1.1.2 Datos de tamaño + forma

Los análisis conjuntos de tamaño y forma son en cierta forma controvertidos como ya se ha visto en el apartado 4.5.4. Al ser variables con diferentes unidades de medida siempre es controvertido trabajar con ellas en conjunto. En este caso, como también se realizó en la carbonización, se ha realizado un análisis de componentes principales en las variables de forma por un lado y en las de tamaño por otro. Posteriormente se han juntado los componentes que se habían obtenido por separado y se ha realizado un tercer PCA sobre los componentes anteriores, ajustando de esta forma las unidades de medidas entre diferentes tipos de variables. A pesar de esta transformación su aplicación es controvertida porque la base de los datos continúa siendo diferente. Por este motivo en este trabajo se presentan los resultados obtenidos, pero siempre con cautela, evitando el modelo predictivo obtenido con estos datos en los materiales de identificación dudosa.

3.5.1.1.2.1 Análisis descriptivos

Los dos primeros componentes obtenidos en el tercer PCA sobre los datos conjuntos de tamaño y forma se han colocado en el eje x e y respectivamente de un biplot. Entre ambos únicamente concentran el 30% de la variabilidad total, por lo que hay que analizar estos resultados con cuidado (figura 3.42). Observando esta gráfica se ven claramente la diferenciación espacial que presentan las habas y las lentejas, como viene siendo habitual, mientras que las almortas, bien definida por su alto número de individuos, se sitúan entre las dos especies anteriores. Los yeros, los guisantes y las vezas comparten espacio con las almortas, aunque no se sobreponen por completo. Los yeros presentan en general valores de y negativos más altos que las almortas, aunque con valores positivos de x muy

similares. Los guisantes sin embargo comparten con las almortas los valores de y, pero sus valores generales positivos de x son más elevados. Por último, los yeros tienen valores de x similares a los guisantes, pero con valores de y negativos más elevados.

El análisis lineal discriminatorio se ha realizado sobre el tercer PCA para poder comparar los datos en las mismas medidas. Por la propia naturaleza de este análisis las dos primeras variables obtenidas registran más variabilidad que los primeros componentes. En este caso la variabilidad total acumulada es del 90%. En el biplot elaborado con los dos primeros LD, se observan tres especies claramente definidas, las habas, las lentejas y las almortas, coincidiendo con las más numerosas. Los guisantes se encuentran superpuestos con las almortas, aunque no en su totalidad, compartiendo también espacio con las lentejas. Las vezas tienen valores negativos de x más elevados que las almortas y los guisantes, separándose de estas. Por último, los yeros se superponen a los guisantes y las almortas.

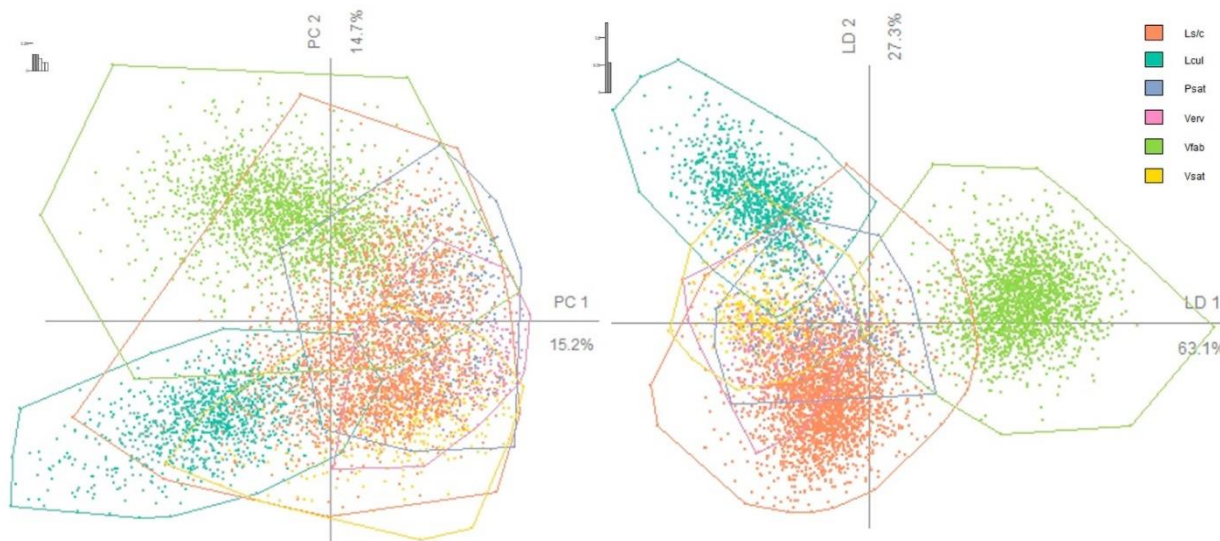


Figura 3.42: Izq.: Biplot desarrollado sobre los dos primeros componentes del PCA realizado sobre las variables de forma y tamaño de las semillas de leguminosas arqueológicas sin dudas taxonómicas. Drcha.: Mismo ejemplo peor con los LD del análisis lineal discriminante

3.5.1.1.2.2 Análisis explicativos

Como en los casos anteriores se ha realizado un primer análisis multivariante de la varianza para determinar estadísticamente si existen diferencias entre las diferentes especies sobre las variables dependientes de tamaño y forma conjuntas. El valor de p obtenido es de $2.2e-16$, por lo que se rechaza la hipótesis nula, existiendo diferencias significativas entre las especies.

Ha sido necesario realizar también una validación de *bootstrapping* al no tener los mismos números de individuos en las 6 categorías de la variable taxones, la cual es la utilizada como independiente en el LDA. Esta validación se realizó utilizando 500 individuos por cada taxón en cada una de las 1000 permutaciones, consiguiendo tanto ponderar los individuos como validar la precisión del modelo lineal discriminante realizado. La permutación con una predicción más baja reclasificó correctamente al 87% de los individuos, mientras que la permutación con mejores resultados fue de 94%, con un valor medio de 90%, muy lejos de 16,6% aleatorio.

El modelo lineal aplicado a las variables de tamaño y forma conjuntamente identificó correctamente al 94,3% de los individuos totales (tabla 3.22, todos los resultados en el Anexo XI). Como en los casos anteriores y conforme a los datos obtenidos en los análisis descriptivos, las habas y las lentejas tuvieron los porcentajes de predicción correcta más altos, con un 99,3% para el primero y un 98,4% para el segundo. El 93,2% de las almortas se identificaron correctamente, así como el 88,5% de los yeros, y ya en último lugar los guisantes y las vezas en último lugar, con un 78% cada una. Al establecer una probabilidad a posteriori del 90%, las habas continúan casi sin alteración con un 98,4%, las lentejas descienden ligeramente al 94,8% y las almortas algo más, hasta el 84,3%, un descenso similar al de los yeros, que bajan al 76,4% de predicción correcta. Las vezas descienden fuertemente hasta un 55% y los guisantes algo más hasta el 46,5%. Como en el caso de la forma, los porcentajes de predicción tanto de los guisantes como de las vezas aumentan considerablemente si la probabilidad a posteriori se reduce a un 75 u 80%.

Especie	<i>Ls/c</i>	<i>Lcul</i>	<i>Psat</i>	<i>Verv</i>	<i>Vfab</i>	<i>Vsat</i>	NA	Predicción total
Modelo basado en las variables de tamaño de las leguminosas arqueológicas sin dudas taxonómica	93.24%	98.39%	78.55%	88.48%	99.34%	78.33%	0.00%	94.30%
Probabilidad a posteriori de 90%	84.32%	94.83%	46.52%	76.36%	98.45%	55.09%	11.67%	86.71%

Tabla 3.22: Resultados predictivos del LDA obtenido en las variables de forma y tamaño de material arqueológico sin dudas taxonómicas. Todos los resultados en el Anexo XI

3.5.1.1.3 Solapamiento:

En estos modelos basados en las semillas arqueológicas también existen solapamientos entre los individuos de las diferentes especies, como sucedía con las especies actuales. En los análisis discriminantes lineales se ha apreciado este hecho, describiéndose a continuación exactamente el porcentaje de superposición entre las diferentes especies.

En el modelo basado en las variables de tamaño existe una gran coincidencia entre los grupos de los guisantes y las almortas, en concreto el 74,9% de los individuos de la primera especie se identificó erróneamente como la segunda, con un acierto del solo 12,5% de los guisantes (tabla 3.23). En el sentido inverso el error entre ambas fue solo de 2%. Con un error superior al 50% también se encuentran las vezas, con un 52,5% de sus semillas identificadas como almortas, a la inversa este porcentaje fue del 2,2%. Los yeros han sido identificados en un 22,4%; como vezas, con un 11% en la identificación inversa; además de un 18,8% de yeros identificados como almortas, con solo un 0,3% a la inversa. Con porcentajes menores se encuentran el 8,6% de las vezas identificadas como lentejas, con un 0,7% a la inversa, y el 8,4% de las habas identificadas como almortas, con un 2,9% a la inversa. También existe una coincidencia entre los tamaños de los yeros y guisantes, con un 5,5% de los primeros identificados como los segundos, con un 5% a la inversa. Por último, un 4,3% de las lentejas se identificaron como almortas.

Tamaño						
Taxón	Ls/c	Lcul	Psat	Verv	Vfab	Vsat
Ls/c	91.5%	1.0%	2.0%	0.3%	2.9%	2.2%
Lcul	4.3%	95.0%				0.7%
Psat	74.9%		12.5%	5.0%	1.1%	6.4%
Verv	18.8%		5.5%	53.3%		22.4%
Vfab	8.4%				91.5%	
Vsat	52.5%	8.6%	0.3%	11.0%		27.7%

Forma						
Taxón	Ls/c	Lcul	Psat	Verv	Vfab	Vsat
Ls/c	91.6%	1.2%	2.4%	1.9%	1.2%	1.6%
Lcul	0.2%	98.3%	0.4%		0.3%	0.8%
Psat	7.2%	1.1%	82.5%	1.1%	1.4%	6.7%
Verv	9.7%		5.5%	83.0%	0.6%	1.2%
Vfab	0.2%	0.5%	1.2%	0.1%	97.9%	
Vsat	1.6%	6.8%	10.2%			81.5%

Tabla 3.23: Solapamientos obtenidos en el modelo generado con las semillas arqueológicas sin dudas taxonómicas

En el análisis discriminante sobre las variables de forma, no aparecen porcentajes superiores al 10%, reduciéndose considerablemente los solapamientos respecto al tamaño. Las semillas con más identificación errónea son las vezas, con un 10,2% de sus semillas clasificadas como guisantes, con un 6,7% a la inversa. El 9,7% de los yeros se identificó erróneamente como almortas, con un 1,9% en sentido inverso. De nuevo las vezas vuelven a aparecer con un relativo solapamiento con las lentejas, con un 6,8% de sus individuos mal identificado como esta segunda especie, mientras que inversamente este porcentaje fue solo del 0,8%. El último solapamiento considerable es el existente

entre las formas de los yeros y los guisantes con un 5,5%, mientras que a la inversa fue del 1,1%.

Existen más coincidencias entre tamaños que entre formas, destacando la coincidencia de los guisantes con las almortas y de las vezas con las almortas, hecho previsible ya que sus tamaños son similares. Con las variables de forma, se observa como estadísticamente coinciden las especies con más dificultad de identificar entre ellas, como es el caso de las vezas y los guisantes y los yeros y las almortas. También destacan los guisantes con las almortas, cuya identificación arqueológica presenta en ocasiones problemas.

3.5.1.2 Identificación de semillas dudosas.

Uno de los objetivos principales de esta investigación es mejorar la identificación de semillas arqueológicas de leguminosas que generan dudas taxonómicas a través de la morfometría geométrica. Para realizarlo se han tomado varios modelos estadísticos predictivos obtenidos a través de los análisis lineales discriminantes. En el capítulo de la experimentación de carbonización de semillas actuales ya se aplicaron diferentes modelos estadísticos en diferentes muestras, pero tanto las muestras de adiestramiento como las experimentales procedían de las mismas semillas (en su estado original por una parte y ya carbonizadas por la otra). Por este motivo, al ser las mismas semillas en diferentes estados, los resultados pueden estar sobreestimados, obteniéndose índices de predicción más altos que los reales.

En este apartado se han realizado diferentes aplicaciones en diferentes muestras sin ningún tipo de relación entre ellas para establecer la fuerza de la predicción real de cada modelo antes de aplicarlo al conjunto de semillas de leguminosas arqueológicas que generaron dudas en su identificación.

Los modelos utilizados se han obtenido de tres grupos de semillas de leguminosas. El primero se ha elaborado con todas las semillas arqueológicas que no generaron dudas taxonómicas, compuesto por 6898 individuos, de los cuales 2678 se identificaron como almortas, 2134 como habas, 1179 como lentejas, 383 como vezas, 359 como guisantes y 165 como yeros. El segundo modelo se generó sobre las 907 leguminosas actuales una vez ya carbonizadas, correspondiéndose 142 a lentejas microespérmicas, 99 a lentejas macroespérmicas, 120 almortas, 115 guisantes, 149 yeros, 116 habas y 138 vezas. El tercer modelo se realizó con las leguminosas actuales del experimento de la carbonización en su estado original, compuesto por 1130 individuos correspondientes a 160 lentejas microespérmicas, 140 macroespérmicas, 160 almortas, 170 guisantes, 170 yeros, 160 habas y 170 vezas. A su vez, de cada grupo de semillas se realizaron tres modelos, uno de tamaño otro de forma y finalmente uno conjunto.

Los 3 modelos obtenidos (tamaño, forma y tamaño+forma) del grupo de semillas arqueológicas se aplicaron como muestra de adiestramiento en las semillas actuales de leguminosas carbonizadas, cotejando la efectividad de los modelos predictivos obtenidos

con las semillas arqueológicas sobre un conjunto de semillas carbonizadas del cual conocemos exactamente su especie, pudiendo calcular su efectividad sin ninguna duda. Al aplicar un modelo predictivo sobre una muestra, es muy importante tener en cuenta que la variable que contiene la información taxonómica de la muestra experimental, no interviene en ningún momento; por lo tanto, las predicciones correctas como incorrectas se realizan con los datos de la muestra de adiestramiento, sin que intervengan para nada los datos existentes dentro de la muestra experimental.

Para comprobar la eficacia de estos modelos se ha realizado un nuevo grupo de comparaciones, inversas a las 3 anteriores, aplicándose los tres modelos obtenidos con los datos de las leguminosas actuales carbonizadas sobre las semillas arqueológicas, validando ambos modelos de forma más eficaz.

Por último se ha decidido aplicar los modelos (tamaño, forma y tamaño+forma) obtenidos con las leguminosas actuales antes de carbonizarlas con los individuos arqueológicos, ya que es una práctica habitual utilizar semillas actuales para mejor la identificación de especies (Bonhomme et al., 2017; García-Granero et al., 2016) o de variedades (Bouby et al., 2018; Pagnoux et al., 2015; Wallace et al., 2018).

Estos análisis se han realizado únicamente para establecer la fuerza predictoria de cada uno de ellos en diferentes muestras de leguminosas, sin otro tipo de intencionalidad que el de establecer la fuerza discriminatoria de cada uno.

3.5.1.2.1 Efectividad de estos modelos

Los modelos basados en los 3 grupos descritos anteriormente ya han sido comprobados entre ellos mismos, además de ponderarse y permutarse a través de la técnica de *bootstrapping*. Los resultados de los modelos creados a partir de las semillas arqueológicas están descritos en el apartado 5.1.1, los que se basan en las leguminosas actuales tanto carbonizadas como originales se encuentran en el apartado 4.5.2.3 (modelos de tamaño), en el 4.5.3.2 (modelos de forma) y en el 4.5.4.2 (modelos de tamaño+forma).

- Modelos obtenidos de semillas arqueológicas aplicados sobre semillas actuales carbonizadas (tabla 3.24 y Anexo XIII):

Tamaño: El modelo basado en las variables de tamaño predijo correctamente el 48,5% de los individuos modernos, con valores del 100% para lentejas y habas, pero ningún guisante y solo el 9,5% de las vezas. Al calcular una probabilidad a posteriori del 90% las habas y las lentejas se mantuvieron prácticamente igual, pero ninguna veza se predijo en más de un 90%, como también sucedió con los guisantes; el nivel total de predicción se redujo al 37,9% y los individuos clasificados fueron el 52,1% del total. Forma: En el modelo lineal obtenido sobre la forma, se predijeron correctamente al 81,9% de los individuos, destacando las lentejas las habas y las almortas. Los valores más bajos fueron para las vezas con un 58%. Al aumentar la probabilidad a posteriori al 90% la predicción total se redujo al 70,8%, manteniendo las habas las lentejas y en

menor medida las almortas porcentajes muy altos, mientras que las vezas descendieron al 31,9% y los yeros al 42,3%. El total de individuos no clasificados al aumentar la probabilidad posterior fue del 28,7%, dato interesante, ya que prácticamente no hubo malas predicciones en este modelo, quedándose los individuos controvertidos fuera del análisis, salvo 11 vezas que fueron clasificadas como guisantes, el resto de taxones tuvo muy pocos datos cruzados (Anexo XIII).

Tamaño+Forma: El modelo obtenido a ambas variables conjuntas tras tres análisis PCA fue realmente malo. Únicamente se identificaron correctamente al 19,1% de los individuos. Las lentejas fueron las mejor predichas, con un 53,5%, seguidas de las almortas, con un 35%, pero el resto se quedó prácticamente por debajo del 16,6% aleatorio que tiene un modelo de seis categorías como este. Al aumentar la probabilidad posterior al 90% los individuos correctamente predichos descendieron al 9,1%.

- Modelos obtenidos de semillas actuales carbonizadas aplicados sobre semillas arqueológicas (tabla 3.24 y Anexo XIII):

Tamaño: El LDA obtenido en las variables de tamaño de las semillas carbonizadas y aplicado sobre las arqueológicas ha predicho correctamente el 44,8% de los individuos. En este caso la especie mejor predicha han sido los yeros, con un 95,2%, seguida de las lentejas con un 90,4%. Sin embargo, solo el 15,7% de las almortas y el 21,7% de los guisantes se identificó correctamente. Al aumentar la predicción a posteriori a un 90%, la predicción general correcta se redujo al 30,5%, pasando las lentejas a tener la mejor predicción con un 82,9%, mientras que los yeros se reducen drásticamente al 40,6%, quedándose por detrás de las habas (44,4%). Ninguna veza obtuvo alguna predicción correcta, las almortas un 3,5% y los guisantes un 5,9%.

Forma: De nuevo el modelo predictivo obtenido sobre las variables de forma aumenta considerablemente la predicción respecto al tamaño. En este caso se ha identificado correctamente al 80,8% de los individuos, destacando las lentejas y las habas con un 88,5%, y un 85,6%; seguidas de las vezas con el 82%, los guisantes con el 77,2% y las almortas con un 75,1%. El valor más bajo lo obtuvieron los yeros con el 63%. Al aumentar la probabilidad posterior al 90%, las predicciones se reducen entre un 5 y un 10%, salvo los guisantes que pasan al 48,5% y las vezas que reducen su predicción en un 20%.

Tamaño+Forma: Los resultados de este modelo son pobres, aunque es el mejor modelo predictivo de ambas variables en conjunto, identificándose correctamente el 29,9% de los taxones.

- Modelos obtenidos de semillas de leguminosas actuales sin carbonizar aplicados sobre semillas arqueológicas (tabla 3.24 y Anexo XIII):

Tamaño: El modelo lineal obtenido a través de las variables de tamaño de semillas actuales se aplicó al conjunto de semillas arqueológicas. El resultado global fue muy bajo ya que se predijo correctamente al 19,5% de los individuos, este hecho puede deberse a la reducción de tamaño de las leguminosas durante la carbonización, como se ha observado anteriormente. Las lentejas y los yeros tienen los mayores valores

rondando el 100% mientras que el resto de especies no superaron el 3%. Al aumentar la probabilidad a posteriori al 90% los resultados fueron prácticamente los mismos.

Forma: El modelo obtenido a través de las variables de forma mejoró drásticamente las predicciones realizadas sobre el tamaño, ajustándose correctamente al modelo lineal el 68,6% de los individuos. Las habas fueron la especie con mejor predicción con un 90,3%, mientras que las almortas y las vezas obtuvieron las peores predicciones con un 48,5% y un 57,4% respectivamente. Al aumentar la probabilidad a posteriori al 90%, no se produjeron grandes cambios, con una predicción general del 65,9%, no apreciándose ningún descenso marcado en ninguna especie.

Tamaño+Forma: De nuevo el modelo creado con las variables conjuntas no es un buen sistema predictivo, únicamente se reclasificaron correctamente el 6,3% de los individuos, además ninguna especie, salvo las lentejas, superó el 16,6% aleatorio en grupos de 6 categorías.

Tamaño								
Taxón	Ls/c	Lcul	Psat	Verv	Vfab	Vsat	NA	TOTAL
ARQ sobre CAR	50.00%	100%	0%	31.54%	100%	9.42%	0%	48,46%
ARQ sobre CAR 50	49.17%	100%	0%	21.48%	100%	1.45%	10,13%	45.00%
ARQ sobre CAR 90	24.17%	98,56%	0%	7.38%	100%	0.00%	48,07%	37,94%
CAR sobre ARQ	15.72%	90.42%	21.73%	95.15%	55.90%	44.91%	0%	44,75%
CAR sobre ARQ 50	13.78%	89.48%	17.83%	94.55%	54.45%	43.08%	8,21%	43,07%
CAR sobre ARQ 90	3.47%	82.87%	5.85%	40.61%	44.38%	0.00%	63,99%	30,51%
ORI sobre ARQ	0.11%	95.59%	2.23%	100%	1.36%	2.61%	0%	19,45%
ORI sobre ARQ 50	0.07%	95.59%	2.23%	100%	1.36%	2.35%	1.03%	19,43%
ORI sobre ARQ 90	0.00%	93.38%	0.56%	100%	0.61%	0.26%	33.46%	18,59%

Forma								
Taxón	Ls/c	Lcul	Psat	Verv	Vfab	Vsat	NA	TOTAL
ARQ sobre CAR	92.50%	100%	79.13%	66.44%	100%	57.97%	0.00%	81,92%
ARQ sobre CAR 50	91.67%	100%	74.78%	63.76%	100%	55.07%	2.39%	80,12%
ARQ sobre CAR 90	83.33%	99.59%	49.57%	42.28%	100%	31.88%	28,71%	70,76%
CAR sobre ARQ	75.06%	88.55%	77.16%	63.03%	85.61%	81.98%	0%	80,83%
CAR sobre ARQ 50	74.65%	88.30%	76.60%	63.03%	85.52%	81.72%	1.12%	80,55%
CAR sobre ARQ 90	68.19%	82.70%	48.47%	55.76%	80.97%	63.45%	17.89%	73,03%
ORI sobre ARQ	48.47%	73.28%	79.94%	80.61%	90.30%	57.44%	0%	68,56%
ORI sobre ARQ 50	48.43%	73.20%	79.94%	80.61%	90.25%	57.44%	0.10%	68,51%
ORI sobre ARQ 90	46.68%	69.38%	70.75%	79.39%	88.75%	51.17%	8.50%	65,86%

Tamaño y Forma								
Taxón	Ls/c	Lcul	Psat	Verv	Vfab	Vsat	NA	TOTAL
ARQ sobre CAR	35.00%	54%	17%	1%	1.72%	6%	0%	19,10%
ARQ sobre CAR 50	33.33%	53%	16%	1%	1.72%	5%	3.72%	18,33%
ARQ sobre CAR 90	21.67%	27%	3%	1%	0.86%	1%	39.87%	9,10%
CAR sobre ARQ	6.20%	49.87%	54.87%	6.67%	45.88%	31.33%	0%	29,87%
CAR sobre ARQ 50	5.86%	49.28%	54.60%	6.06%	45.60%	30.81%	1.36%	29,50%
CAR sobre ARQ 90	3.92%	37.91%	45.96%	4.24%	40.07%	16.19%	22.70%	23,78%
ORI sobre ARQ	2.80%	19.25%	1%	14.55%	4.78%	1.57%	0%	6,32%
ORI sobre ARQ 50	2.80%	19.17%	1%	14.55%	4.78%	1.57%	0.23%	6,31%
ORI sobre ARQ 90	2.35%	16.28%	0%	13.33%	4.17%	1.04%	9.90%	5,36%

Tabla 3.24: Resultados del LDA obtenidos al aplicar el modelo lineal obtenido en uno de los grupos de semillas (arqueológicas, actuales carbonizadas o sin carbonizar) sobre los otros grupos de individuos

Si comparamos todos los modelos aplicados, los análisis basados en las variables de forma son, con diferencia, los más eficaces, independientemente de los datos que se hayan utilizado en el modelo. Son más o menos el doble de eficaces a la hora de discriminar que los que se han basado en las variables de tamaño, mientras que los modelos con las variables conjuntas aportaron predicciones muy poco precisas, incluso por debajo de la predicción aleatoria. Esta falta de precisión es llamativa, ya que en los modelos lineales aplicados únicamente a la misma muestra son los que mejores resultados aportaron, también se obtuvieron muy buenos resultados cuando se aplicó la predicción de las semillas actuales antes de carbonizar sobre las mismas semillas ya carbonizadas. Sin embargo, en esos dos casos, todos los individuos estudiados o pertenecían a la misma muestra o son las mismas semillas, antes y después de carbonizarse, por lo que puede que este hecho influyese y sobrestimase el potencial discriminador de estos modelos. La falta de precisión probablemente se deba a la interacción de variables con diferentes unidades de medida, como ya se ha descrito anteriormente. La necesidad de tres análisis de componentes principales diferentes puede producir estos desajustes, por lo que existe cierta controversia sobre su utilización. En este estudio hemos realizado estos modelos para comprobar estos hechos, pero no se han utilizado para predecir el taxón de los individuos dudosos ni en las comparaciones regionales, cronológicas o muestrales.

Tras analizar la efectividad de los análisis discriminantes se ha decidido utilizar los tres modelos basados en los datos de forma, uno por cada grupo de individuos, para predecir los posibles taxones de las semillas arqueológicas sin una identificación clara. Los tres modelos han aportado valores predictivos generales muy similares, sin embargo, algunos predicen mejor algunas especies que otros, por este motivo se ha decidido aplicar las predicciones de los tres análisis en los restos arqueológicos dudosos, dando como válida la identificación de una semilla si los tres modelos coinciden en su predicción. La falta de modelos con información de tamaño en la identificación puede ser un problema, ya que no se utilizan estos datos en las predicciones, sin embargo, al obtener un porcentaje correcto de entorno a un 50% se ha considerado que su utilización podría generar más distorsiones. Sí que se han utilizado los modelos basados en las variables de tamaño en las comparaciones regionales, cronológicas y muestrales ya que son datos necesarios para establecer posibles variedades de una misma especie, las cuales en ocasiones no difieren en la forma, pero sí en el tamaño.

3.5.1.2.2 Resultados

Para facilitar la lectura y el tamaño de las tablas se ha utilizado las siguientes abreviaciones para cada yacimiento estudiado en este capítulo:

Abreviatura	Yacimiento
EMP	Ampurias
BEN	Barranc de Beniteixir
BLA	Baume Layrou
CLR	Cailar
CLH	Camps de l'Hospital
CASM	Castillarejo de los Moros
CER	Cerro del Alcázar
ERA	Eras del Alcázar
KEL	Kelin
BAS	La Bastida de les Alcusses
FON	La Fonteta
MOL	La Mola d'Agres
MND	La Monédière
LSS	Lattara
MAL	Les Maleses
MOR	Les Moreres
MAS	Mas Castellar
PDC	Plana del Castell
PVV	Portal Vielh
ULL	Puig de Sant Andreu
SJM	Sant Jaume Mas d'en Serrà
TFC	Turó Font de la Canya
XND	Xalet Nin-Darró

Del total de las 7272 semillas arqueológicas estudiadas, 6898 no presentaban dudas taxonómicas, mientras que 374 no tuvieron una identificación clara (tabla 3.25 y Anexo XIV). Este grupo de leguminosas indeterminadas está compuesto tanto por individuos ya clasificados de esta forma por las investigaciones anteriores, como por individuos que se decidieron incluir durante nuestra investigación al tener dudas sobre la identificación previa a esta investigación. Tras aplicar los pasos detallados anteriormente, 193 de esos individuos fueron identificados en la misma especie por los tres modelos predictivos, por lo que tienen una gran probabilidad de ser restos de esas especies. Se ha establecido un grupo intermedio de 158 individuos, en los cuales dos modelos coinciden y uno no, por lo que podrían identificarse con esa especie, pero con un porcentaje de previsión menor que en el caso anterior.

Entre las muestras con semillas dudosas se producen grandes diferencias, con algunas de ellas con más de 80 individuos dudosos (como la muestra 0010 de Baume Layrou, correspondiente a la UE 10-E2) a 8 muestras con un solo individuo dudoso. Entre las 193

semillas con tres predictores iguales, 116 se corresponden con guisantes, 40 con yeros, 29 con vezas, 6 con almortas además de un haba y una lenteja. Del total de 193, 67 coinciden con la identificación realizada previamente a la morfometría geométrica, con 37 yeros, 13 guisantes, 12 vezas y 5 almortas.

M.	Yac.	Reg.	Cro.	Nº ind. Dud	Taxa Anterior							Taxa Modelo Arqueológico					Taxa Modelo Original					Taxa Modelo Carbonizado							
					L-V	Lcul	Ls/c	Pst	Ver	Vfb	Vst	Lcul	Ls/c	Pst	Ver	Vfb	Vst	Lcul	Ls/c	Pst	Ver	Vfb	Vst	Lcul	Ls/c	Pst	Ver	Vfb	Vst
8	CER	AND	C4	2				1	1				1	1						2						2			
10	BLA	LAN	C3	35			35						5	25	2	1	2			30		1	4			34			1
12	BLA	LAN	C3	27			27						5	21			1			23		1	3			22		3	2
13	TFC	CAT	C2	1					1				1							1						1			
31	ERA	AND	C4	5				5					1	4						3			2			4			1
35	BLA	LAN	C3	82			82					1	12	58		1	10		1	64			17			68		1	13
48	MAS	CAT	C2	2						2	1					1						1	1						2
60	SJM	CAT	C2	9			9						6				3		1	3			5		1	6	1		1
65	EMP	CAT	C1	4			1	3					1		2	1				2			2			2			2
66	EMP	CAT	C1	12			2	10				2	1	4	1		4	1		4	1		6	2		3	1		6
75	PDC	CAT	C4	41			7				34	3	2	11	2		23	1		9		1	30			21	1	2	17
76	MND	LAN	C1	48			4		44				9	2	35		2		2	4	39		3	1	2	5	40		
80	MND	LAN	C1	1					1						1							1					1		
84	MND	LAN	C1	1					1				1									1				1			
85	MND	LAN	C1	1					1				1									1				1			
86	BES	LAN	C2	2					2					1	1					1	1					1	1		
87	BES	LAN	C2	4			2		2				1		3						4						4		
89	BES	LAN	C2	4			3				1	1	3						3	1					1	3			
90	BES	LAN	C1	2			2						2								2					2			
91	BES	LAN	C2	1	1									1							1					1			
95	BES	LAN	C2	1					1								1				1					1			
98	BES	LAN	C1	1					1				1										1			1			
100	LSS	LAN	C1	10			10						9	1					5	3	1		1		3	5	2		
101	LSS	LAN	C1	4			4						4						2	1			1		3	1			
102	LSS	LAN	C1	2			2						2							2					1		1		
102	LSS	LAN	C1	3			3						2				1		2		1				2	1			
104	LSS	LAN	C1	2			2						2							1			1		1			1	
105	LSS	LAN	C1	9			3	6				1	5	2		1			2	7					1	8			
107	LSS	LAN	C1	3			1	2					2	1						1	1		1		2	1			
111	LSS	LAN	C1	5			2		2		1		1	1	3				2	1	1		1		2	3			
112	LSS	LAN	C1	23				13			10	1		14	1	1	6	1		13			9		16	2	3	2	
114	LSS	LAN	C1	4				3	1			1	1			1	1			1	1		2		3		1		
116	LSS	LAN	C1	3			2			1			2		1		1			1			1	1	2				
118	LSS	LAN	C1	2				2					2							1			1		1			1	
121	LSS	LAN	C1	1		1											1						1						1
122	LSS	LAN	C1	17	17							1	1	9		1	5			7	1	1	8		8	2	1	6	

Tabla 3.25: Semillas dudosas estudiadas en este trabajo. Se muestra la identificación anterior a nuestro análisis y los resultados de cada modelo en los individuos dudosos de cada muestra. Para ver la información semilla por semilla consultar el anexo XIV

Los individuos con dos predicciones similares y otra diferente son 158. En 78 coincide la predicción del modelo de semillas actuales originales con las carbonizadas, en 51 coinciden las actuales carbonizadas con las arqueológicas y en 29 coincide el modelo de estas últimas con las actuales originales (tabla 3.26). Tras la reidentificación geomorfométrica, 48 individuos se han clasificado en el mismo taxón que la identificación tradicional, correspondiéndose con 14 vezas, 13 guisantes, 13 almortas y 8 yeros. Después de aplicar la morfometría geométrica las identificaciones obtenidas con dos predictores iguales ha sido la siguiente:

- 82 de estos individuos se han identificado como guisantes en dos modelos, con porcentajes predictivos muy altos, ya que en 73 de ellos dos modelos tuvieron una probabilidad a posteriori superior al 90%.
- 15 de los individuos con dos clasificaciones parejas fueron almortas, superando en 11 de ellas una probabilidad a posteriori del 90% en los modelos coincidentes.
- 4 se clasificaron como lentejas, aunque en este caso no hubo ningún individuo que tuviese una probabilidad a posteriori superior al 90% en dos modelos.
- 14 fueron yeros, con 9 individuos con dos modelos que de nuevo superaron ese 90%. 15 yeros tuvieron dos modelos predictores similares, pero con solo 3 individuos que superasen el 90% en dos modelos
- y finalmente 5 habas sin ninguna que superase la probabilidad a posteriori de 90 en dos modelos.

Únicamente 23 han tenido las tres predicciones dispares, por lo que es difícil establecer su pertenencia a un taxón estadísticamente hablando.

Predicciones con los tres modelos iguales							
Yac.	Ls/e	Lcul	Psat	Verv	Vfab	Vsat	Total
BLA	0	0	86	0	0	7	93
CER	0	0	1	0	0	0	1
EMP	0	1	2	1	0	5	9
ERA	0	0	1	0	0	0	1
LSS	4	0	17	1	1	3	26
MAS	0	0	0	0	0	1	1
MND	2	0	3	38	0	0	43
PDC	0	0	6	0	0	13	19
SJM	0	0	0	0	0	0	0
TFC	0	0	0	0	0	0	0

Predicciones con dos modelos coincidentes							
Yac.	Ls/e	Lcul	Psat	Verv	Vfab	Vsat	Total
BLA	1	0	37	0	2	9	49
CER	0	0	1	0	0	0	1
EMP	0	1	2	0	0	2	5
ERA	0	0	4	0	0	0	4
LSS	8	2	22	6	2	12	52
MAS	0	0	0	0	0	0	0
MND	4	0	8	8	0	0	20
PDC	0	1	4	0	1	12	18
SJM	2	0	3	0	0	3	8
TFC	0	0	1	0	0	0	1

Predicciones de los 3 modelos + los dos modelos							
Yac.	Ls/e	Lcul	Psat	Verv	Vfab	Vsat	Total
BLA	1	0	123	0	2	16	142
CER	0	0	2	0	0	0	2
EMP	0	2	4	1	0	7	14
ERA	0	0	5	0	0	0	5
LSS	12	2	39	7	3	15	78
MAS	0	0	0	0	0	1	1
MND	6	0	11	46	0	0	63
PDC	0	1	10	0	1	25	37
SJM	2	0	3	0	0	3	8
TFC	0	0	1	0	0	0	1

Tabla 3.26: Resultados de posibles identificaciones de las leguminosas arqueológicas después de obtener el mismo resultado con los tres modelos, con dos modelos y finalmente con ambos conjuntamente. Todos los resultados en el Anexo XIV

Dentro del total de 374 semillas, 144 proceden del yacimiento de Baume Layrou, la mayoría estaban identificadas como posibles almortas de monte o almortas, pero durante la revisión de materiales muchos individuos se asemejaban mucho a los guisantes, por lo que se prefirió comprobar la identificación a través de la morfometría geométrica, obteniendo que 86 semillas fueron reclasificadas por los tres modelos como guisantes y 7 como vezas (tabla 3.26). De las 49 con dos predictores similares, 37 se reclasificaron como guisantes, 9 como vezas, 2 como habas y una como almorta. Dos individuos tuvieron tres predictores diferentes en cada modelo. Si establecemos como posibles identificaciones correctas tanto las predicciones coincidentes en tres modelos como en dos, del total de las 144 leguminosas, 123 se han reclasificado como guisantes, 16 como vezas tres como habas y dos como almortas. La identificación realizada por este modelo apoya nuestra premisa inicial, ya que durante la observación macroscópica de estos individuos nos llevó a pensar su posible pertenencia al taxón de los guisantes y no de las almortas.

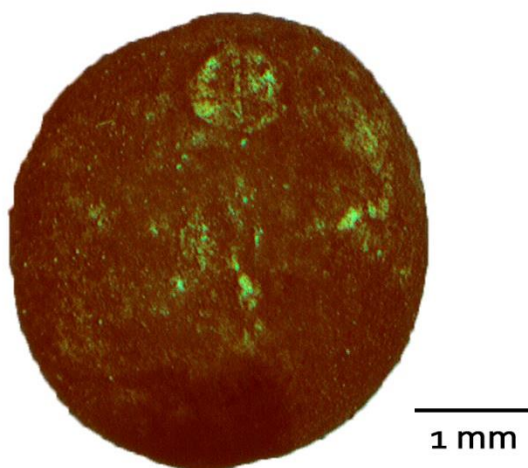


Figura 3.43: Detalle del hilo de una semilla de Baume Layrou que impide su identificación como veza

Los individuos reidentificados se revisaron visualmente, estableciendo la imposibilidad de que las 7 semillas de vezas establecidas con tres predictores idénticos y las 9 con dos iguales perteneciesen a este taxón, ya que, por la forma y el tamaño del hilo, son probablemente guisantes mal identificados por los modelos empleados (figura 3.43). Si se observa, el porcentaje de semillas identificadas como vezas es entorno al 10%, margen dentro del margen de error y solapamiento visto en los modelos aplicados. De los dos individuos identificados como habas, ambos tienen las formas predominantes en este yacimiento, por lo que probablemente sea un guisante mal identificado por los modelos

(Figura 3.44), también dentro de los márgenes de errores ya vistos anteriormente, ya que están algo deterioradas y esto ha podido llevar a esta incorrecta identificación.

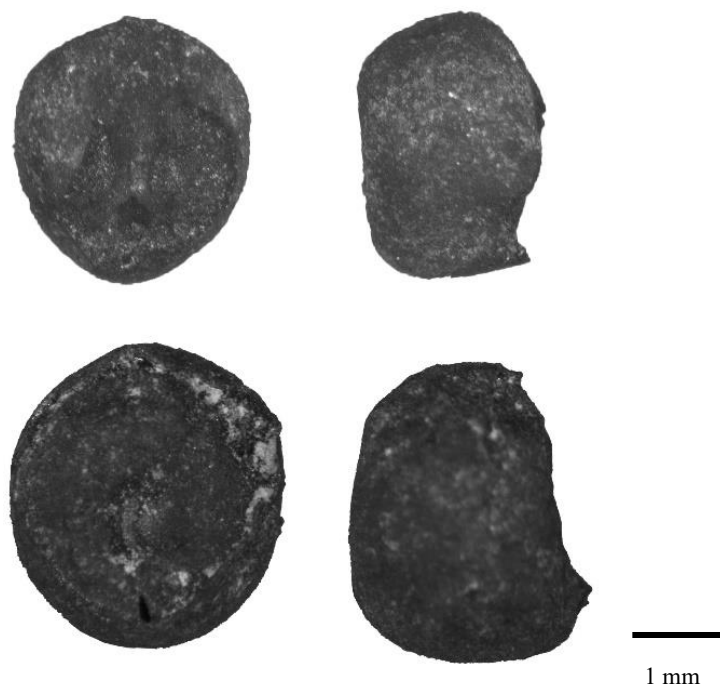


Figura 3.44: Individuos de Baume Layrou identificados como habas, aunque probablemente sean guisantes

Los dos individuos identificados como almortas también generaron dudas taxonómicas, especialmente la semilla 6 de la muestra 10-E1, ya que por forma se podría identificar como almorta (figura 3.45), pero el hecho de estar en un yacimiento con semillas homogéneas nos ha generado la duda de que sea un guisante cuya forma sea casualmente muy similar a una almorta, hecho que a veces se observa entre estas dos especies. En general el modelo en este yacimiento es preciso, con algunos márgenes de error, pero puede ser un sistema muy útil cuando exista una duda general como en este caso para apoyar más una identificación sobre otra.

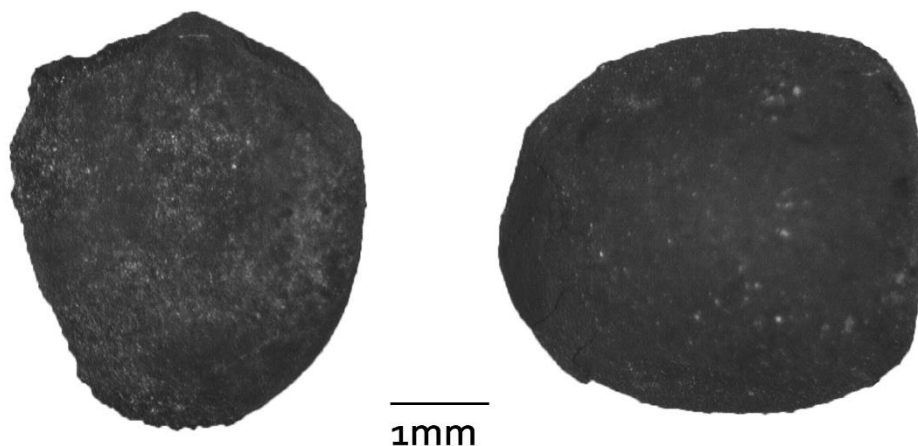


Figura 3.45: Individuo 6 de la muestra 20-E1 de Baume Layrou mencionada en el texto

El siguiente yacimiento con más leguminosas con dudas taxonómicas fue Lattara, con 88 en total. En este caso algunos individuos no fueron identificados previamente, ya que son semillas deformadas y algo alteradas. 26 individuos tuvieron tres predictores idénticos en los tres modelos, reclasificándose 17 semillas como guisantes, 4 como almortas, 3 como vezas y un yero y un haba. Al comprobarse visualmente estas identificaciones se observó cómo el haba no se corresponde, ya que la semilla está rota y su forma se asemeja a esta especie, pero no se puede identificar correctamente al faltar un trozo de la misma. Dos de los guisantes no tienen una forma clara, siendo más correcto dejarlos como dudas y otro es bastante posible que sea una almorta. De nuevo estos restos se encuentran algo alterados.

Con dos predictores similares se encuentran 52 individuos, reclasificándose 23 como posibles guisantes, 12 como vezas, 8 como almortas, 5 como yeros, 2 lentejas y 2 habas. 10 semillas tuvieron tres predictores diferente en cada modelo, no pudiéndose establecer una especie más cercana. Al comprobar visualmente los resultados 10 de las vezas probablemente sean guisantes, ya que sus hilos no concuerdan con los de esta especie, como ya se ha visto las formas entre estas especies puede confundirse. 3 de los individuos identificados como guisantes se asemejan más a las almortas, pudiendo ser semillas de esta especie, mientras que los individuos identificados como habas y lentejas se encontraban en mal estado, confundiéndose con estas especies al faltar parte de los individuos. Si aceptados como identificaciones posibles las que tienen 3 o 2 modelos coincidentes, y aceptando los cambios sugeridos tras recomprobarlas visualmente, se aprecia cómo los guisantes son las especies con una mayor reclasificación, mientras que hay algunas pocas vezas y las almortas, hay que señalar que estas tres especies son las que generan más confusión entre ellas.

En el yacimiento de La Monédière, 66 semillas generaron dudas en su identificación. En este yacimiento se han recuperado grandes concentraciones de almortas, aunque con algún yero entre ellas. La identificación entre estos dos taxones genera bastantes dudas debido a sus formas similares, por lo que decidimos incluir algunos posibles yeros que se encontraban en concentraciones de centenares de almortas para confirmar su identificación y ver si este modelo puede aclarar ciertas dudas taxonómicas generadas durante la revisión macroscópica. 38 de ellas se reidentificaron como yeros por los tres modelos predictivos, 3 como guisantes y 2 como almortas. Al comprobar visualmente estas identificaciones podrían ser correctas salvo el caso de los guisantes, correspondiéndose probablemente uno de ellos a una almorta y los otros dos continuaron generándonos dudas. Hay 20 individuos con dos identificaciones similares, de los cuales 8 se identificaron como guisantes, 4 como almortas. En la comprobación visual 2 guisantes se semejan más a las almortas y tres de ellos generaron duda sobre si podrían ser yeros. Dos semillas obtuvieron tres predicciones diferentes, no identificándose con ningún taxón. De nuevo en este yacimiento los modelos creados han aportado buenos resultados para diferenciar entre yeros y almortas, aunque como era de esperar en algunos casos pueden equivocarse en la identificación, siendo importante una revisión visual posterior.

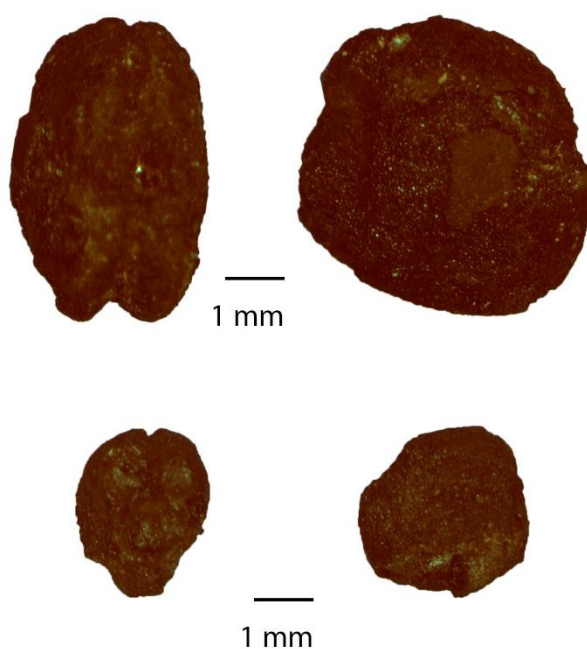


Figura 3.46: Semillas de la Plana del Castell. En la parte superior aparece la semilla identificada por dos modelos como lenteja, pero probablemente se deba a un error, igual que en el caso de la semilla de la parte inferior de la fotografía, identificada como haba por dos modelos

En el yacimiento de la Plana del Castell, se obtuvieron una serie de leguminosas no muy bien conservadas cuya identificación fue complicada (figura 3.46), decidiéndose utilizar la morfometría geométrica para mejorar esta precisión. Del total de 41 semillas, 19 tuvieron tres predicciones iguales, identificándose 13 como vezas y 6 como guisantes, sin

embargo, al revisar visualmente estos resultados, los 6 guisantes se asemejan más a las vezas; aunque no se conserva el hilo, la forma de la cicatriz del mismo se asemeja más a esta especie. Una semilla identificada como veza se encuentra demasiado deformada para poder establecer correctamente su identificación. Hay 18 individuos que tuvieron dos predicciones iguales, 12 se clasificaron como vezas, 4 como guisantes, una como haba y otra como lenteja. 4 individuos tuvieron predicciones diferentes en cada modelo. Esta identificación confirma nuestras ideas iniciales obtenidas en el análisis óptico, que era la posible existencia de dos tipos de vezas (unas tenían formas más grandes que otras). Hay que recordar que estos modelos no pueden predecir especies que nosotros no hayamos referenciado, por lo que si hay una presencia de variedades de vezas más grandes podrían clasificarse como guisantes. Con estos resultados podemos confirmar la presencia de vezas y la posible presencia de guisantes o de otra variedad de vezas. Las predicciones del modelo de lentejas y habas creemos que pueden deberse a errores, ya que se corresponden a semillas muy deterioradas con formas que pueden asemejarse a diferentes taxones, como puede observarse en la figura 3.46.

En Ampurias hay 16 leguminosas indeterminadas, no identificándose en ningún taxón de forma macroscópica. Los modelos han dado tres identificaciones idénticas en 9 de ellas, clasificándose 5 como vezas, 2 como guisantes, un yero y una lenteja. Al revisar estas semillas, todas podrían ser identificaciones correctas salvo el yero y la lenteja, las cual probablemente sean guisantes; al encontrarse rotos se distorsiona la morfometría. 5 de estas semillas tuvieron dos predicciones similares, contando con 2 posibles vezas, 2 guisantes y una lenteja; esta última es la única que parece improbable al encontrarse muy deformada. 2 semillas tuvieron tres resultados diferentes. En Sant Jaume de Mas d'en Serra, hay 9 leguminosas indeterminadas, ninguna tuvo una predicción igual en tres modelos, pero 8 de ellas sí que lo tuvieron en dos, clasificándose como 3 vezas, 3 guisantes y 2 almortas; sin embargo al revisar estas identificaciones las vezas probablemente sean guisantes al no tener una marca del hilo pronunciada como si sucede en las vezas. Una semilla tuvo tres predicciones distintas.

En Eras del Alcázar, hubo 5 leguminosas que presentaron dudas taxonómicas, una tuvo tres predicciones de guisante, mientras que las otras 4 tuvieron coincidencia en dos de ellos, siendo también identificadas como guisantes, las revisiones visuales confirmarían este hecho por la forma y el tamaño de los hilos. En el Cerro del Alcázar no se pudo identificar 2 semillas, las cuales han sido clasificadas como guisantes, una con tres predicciones y la otra con dos. Entre las leguminosas estudiadas de Mas Castellar de Pontos, se encontraron 2 indeterminadas, reclasificándose una como veza y la otra no pudo ser clasificada por dos métodos. Por último, una semilla de Font de la Canya la cual no se pudo identificar ha sido clasificada como guisante por dos modelos.

Estos resultados demuestran una alta efectividad de los modelos predictivos obtenidos por los datos de forma extraídos a través de la morfometría geométrica. En los casos con bastantes individuos, como en Baume Layrou, La Monédière y la Plana del Castell, estas reclasificaciones pueden ayudar a establecer los taxones en individuos cuyas identificaciones no se tuviesen nada claras o especialmente en casos donde las dudas sean

sobre un conjunto de datos y entre dos especies, como fue en el caso de los yacimientos franceses. Si aceptamos como correctas las predicciones sobre tres modelos, el porcentaje de predicciones posibles supone el 51,6% del total de individuos dudosos, pero si sumamos las predicciones de 2 o 3 modelos como posibles, este porcentaje asciende al 93,9%. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no se están utilizando datos de tamaño, pudiendo equivocarse algunas predicciones, como el caso de la posible falsa lenteja de la Plana del Castell, por lo que las predicciones hay que analizarlas a posteriori, siempre teniendo en cuenta la experiencia identificadora del investigador. También se aprecia una reidentificación como vezas semillas que probablemente sean de guisantes, este hecho ya se observó en la comprobación de modelos, otros fallos que genera el modelo son sobre semillas deterioradas o rotas, cuyas formas cambian por este hecho y como es lógico los modelos predictivos erran en la clasificación.

3.5.2 Comparaciones interespecíficas

Otra línea de investigación de este trabajo es observar si existen diferencias de tamaño y forma de una misma especie a nivel regional o cronológico. Por otro lado, también se han analizado las posibles diferencias entre los yacimientos de una misma región y entre las muestras de un mismo yacimiento. Hay que tener en cuenta que es un primer paso, en el cual se analiza si existen posibles diferencias de forma y tamaño que puedan ser causadas por la existencia de diferentes variedades dentro de una misma especie. Si estas diferencias existen en un amplio grado, se abrirá la posibilidad de ampliar estas investigaciones en un futuro. Por ejemplo, se podrían comparar estos datos arqueológicos con otros obtenidos de variedades actuales, estableciendo a cuáles de ellas se asemejan más los datos arqueológicos. Este proceso no ha sido posible desarrollarlo en este trabajo debido a la falta de tiempo y recursos disponibles para una investigación predoctoral.

Para poder realizar estas comparaciones de forma cuantitativa, se han utilizado los datos obtenidos por la morfometría geométrica. Se han establecido grupos de formas y otros de tamaños en los cuales los individuos de un grupo sean lo más semejante posible entre ellos y al mismo tiempo lo más diferente posible con los individuos de los otros grupos. Para poder obtener este tipo de resultados se ha aplicado un análisis de conglomerado o clústeres en cada una de las especies por separado. Como no se obtuvieron buenos resultados al utilizar las variables de forma y tamaño conjuntamente sobre modelos externos (véase el apartado 5.1.2.1), se ha decidido tratar las variables de forma y las de tamaño por separado, aplicando un análisis de clústeres independiente en cada uno.

Para establecer grupos de individuos que sean lo más homogéneos intragrupal y heterogéneos intergrupalmente, se ha realizado un análisis de conglomerados jerárquico, utilizando la medida de distancia euclidiana y con el método de agrupamiento de Ward en cada caso (dos análisis por cada especie, uno con las variables de forma y otro diferente con las variables de tamaño). Con estos resultados y a través del paquete estadístico de R

NbClust se han calculado 30 índices para establecer qué número de clústeres es el más indicado, obteniendo 3 clústeres de media en casi todos los análisis jerárquicos realizados en las variables de forma y de tamaño de cada especie, salvo los guisantes y los yeros con 2 grupos de forma y las habas con 2 grupos de tamaño.

Posteriormente, utilizando los centroides de cada variable obtenidos en el paso anterior se ha realizado un análisis de conglomerados no jerárquicos estableciendo tres grupos por cada especie. Para el tipo de observaciones que existe en este estudio se considera que la metodología utilizada es más efectiva que un único análisis jerárquico (Aldás & Uriel, 2017).

Una vez realizada las agrupaciones en los diferentes clústeres se establecieron tablas de contingencia entre las diferentes semillas estudiadas y los clústeres a los que pertenecen. Para comparar si existen diferencias, las semillas se han agrupado por regiones, fases cronológicas, yacimiento y finalmente por muestra; siendo esta última la unidad mínima utilizada y la que se aplicará en los análisis de correspondencia.

Posteriormente se ha realizado un análisis de correspondencia entre las muestras arqueológicas estudiadas y los clústeres de forma. Con este análisis, se estableció primero el valor de chi cuadrado, que determina si las variables utilizadas son independientes o no entre ellas. A continuación, se ha analizado la distribución de las semillas de una misma especie entre los grupos o clústeres establecidos, agrupándolas a nivel de región, cronología, yacimiento y muestra. Para realizar este proceso se utilizaron los perfiles fila y los perfiles columnas obtenidos a través de las tablas de contingencia y expresados en diferentes tablas. Finalmente, con los datos del análisis de correspondencia se realizó una gráfica bidimensional. Únicamente se han podido realizar análisis de correspondencias en las formas y tamaños de las especies en las que se han establecido tres clústeres, ya que estos análisis necesitan establecer un mínimo de dos dimensiones y para ello se necesitan variables que tengan tres factores. En los casos en los cuales solo hay dos clústeres se ha realizado solo la comparación a través de los perfiles fila y columna. Como no hay ningún caso con más de 3 clústeres, se han obtenido solo dos dimensiones, por lo que se recoge el 100% de la inercia existente entre las variables comparadas, siendo modelos muy precisos. Las variables cualitativas de yacimiento, región y cronología se han utilizado como datos complementarios en los análisis de correspondencia, no interviniendo individualmente en los cálculos de las dimensiones.

3.5.2.1 Almortas (*Lathyrus sativus*)

3.5.2.1.1 Forma

El análisis de conglomerado ha establecido tres grupos según los datos de forma. Las vistas laterales presentan más diferencia entre ellas que las ventrales (fig. 3.47), destacando el grupo 2, el cual tiene la región donde se encuentra la chalaza más alargada que el resto. Hay que tener en cuenta que este hecho puede deberse a la posición que ocupa en la vaina, ya que las semillas situadas en los extremos suelen presentar esta zona más alargada, por lo que este grupo podría corresponderse con estos individuos. Las vistas ventrales de estos grupos son bastante similares entre ellas, especialmente las del grupo 2 y 3.

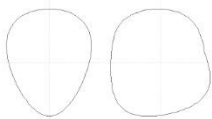
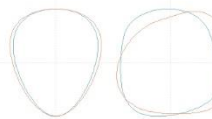
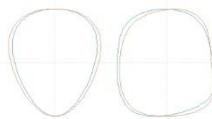
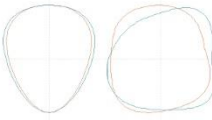
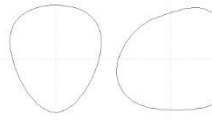
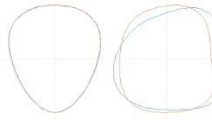

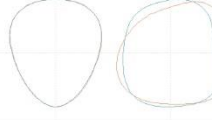
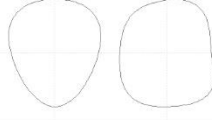
	1	2	3
1			
2			
3			
V	VV VL	VV VL	VV VL

Figura 3.47: Siluetas de las almortas (*Lathyrus sativus*) de los tres grupos obtenidos en las variables de forma a través del análisis de conglomerados no jerárquico

El análisis de correspondencias entre las semillas de almortas agrupadas por muestra arqueológica y los 3 tipos de formas obtenidos en el análisis de clústeres ha obtenido un valor de chi cuadrado de $3,01 \times 10^{-9}$, por lo que es menor al valor de significancia, es decir que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre variables, existiendo relación entre ambas.

Del total de 2724 individuos arqueológicos identificados como almortas, 2423 proceden de yacimientos arqueológicos de Languedoc, 293 de Cataluña, 8 de Valencia y ninguno de Andalucía (tabla 3.27). Con estos datos únicamente podemos comparar los resultados de Cataluña con Languedoc al tener ambas regiones un número significativo de restos.

Dentro del primer grupo establecido con el análisis de clústeres se han clasificado al 29,3% de las almortas catalanas y el 34,2% de las francesas, no habiendo demasiada diferencia entre ambas regiones respecto a este tipo, sin embargo, en el grupo 2 se han clasificado el 11,1% de las catalanas y el 21% de las francesas, aunque respecto del total no supone mucha diferencia, en términos relativos significa que su frecuencia es el doble en Languedoc, siendo un dato significativamente alto. Por último, en el grupo 3 se han clasificado el 59,4% de las almortas de Cataluña, mientras que del sur de Francia fueron el 44,8%.

Región	Grupo						Total
	1		2		3		
AND	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
CAT	86	29.35%	33	11.26%	174	59.39%	293
LAN	828	34.17%	510	21.05%	1085	44.78%	2423
VAL	3	37.50%	0	0.00%	5	62.50%	8
TOTAL	917	33.66%	543	19.93%	1264	46.40%	2724

Tabla 3.27: Porcentajes de las almortas de cada región distribuidas en los tres grupos de formas obtenidos con el análisis de conglomerados

En el gráfico bidimensional del análisis de correspondencia (figura 3.48) se observa visualmente la distribución de las muestras por regiones geográficas, existiendo una mayor presencia de la forma 3 en las muestras catalanas y un alejamiento de la forma tipo 2 al tener pocos individuos de este tipo, lo que provoca que se encuentre situadas algo más frecuentemente en los valores negativo de la dimensión 1 (eje x), mientras que las almortas de muestras franceses se encuentran más dispersas por todo el espacio. Sin embargo, aunque se parecía esta tendencia no existen claras diferencias entre las dos regiones.

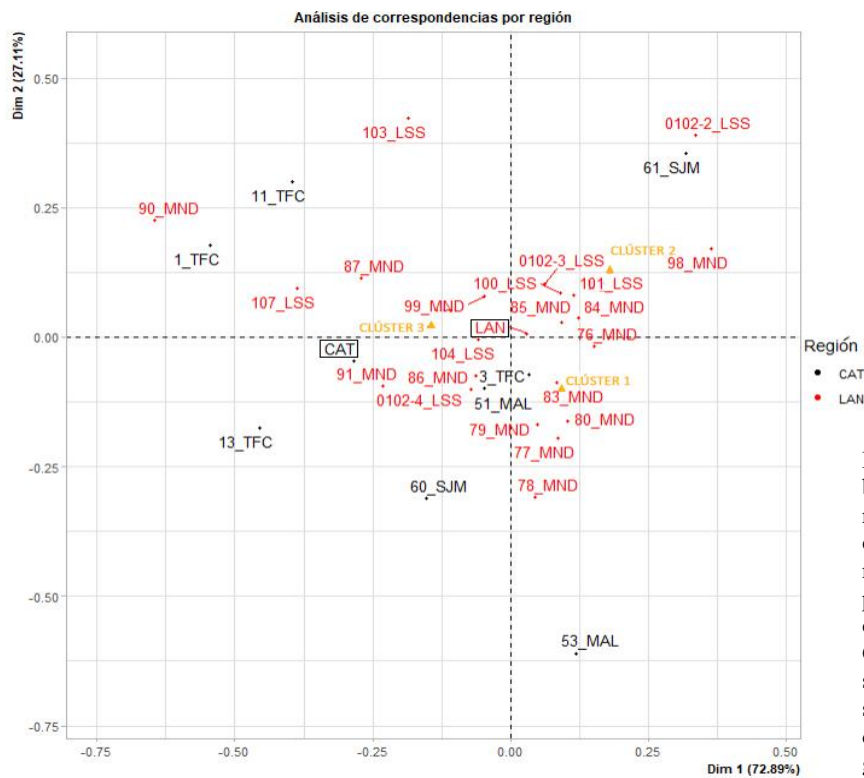


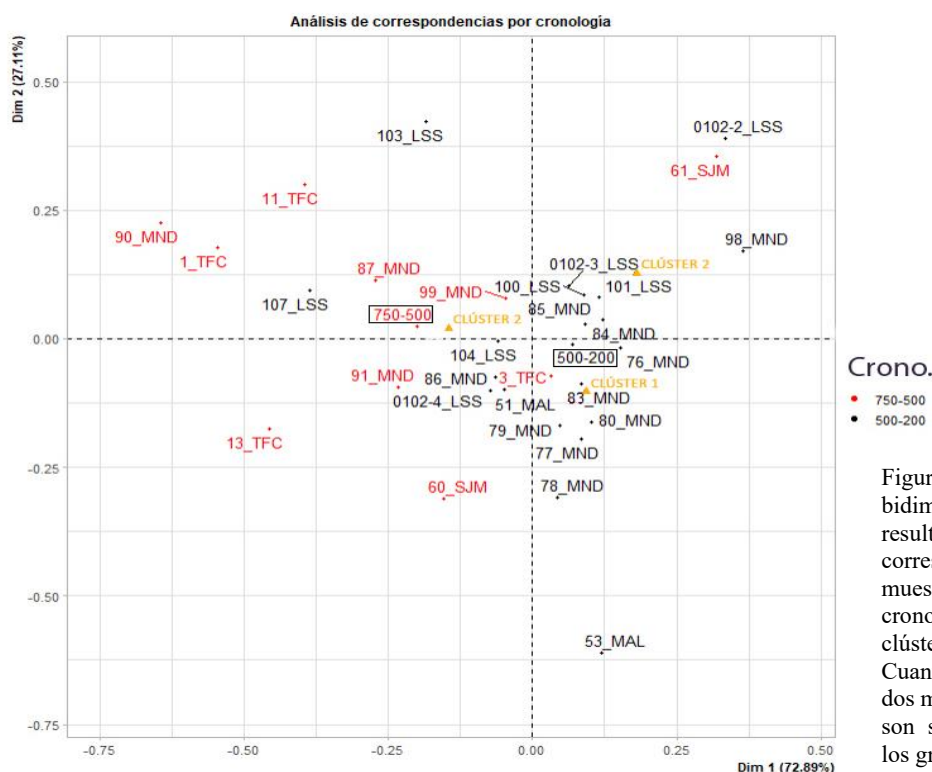
Figura 3.48: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con almortas por región según los clústeres de forma. Cuantos más próximas son dos muestras más similares son sus distribuciones en los grupos de forma

A nivel cronológico, una almorta de dató entre el 2200 y el 1300 a.C., 2 entre el 1300 y el 750 a.C., 734 entre el 750 y el 500 a.C., y 1984 almortas entre el 500 y el 200 a.C. (tabla 3.28). Debido a los pocos restos en las dos fases cronológicas más antiguas, únicamente podemos comparar las semillas de los dos periodos más modernos. Entre el 500 y 200 a.C., el 35,7% de las almortas se agruparon en el primer clúster de forma, el 21,6% en el segundo y el 42,7% en el tercero. Entre el 750 y el 500 a.C., el 28,3% pertenece al primer grupo, el 15,5% al segundo y el 56,1% al tercero.

Crono.	Grupo				Total
	1	2	3		
2200-1300	0	0	1		1
1300-750	0	1	1		2
750-500	208	114	412		734
500-200	709	428	847		1984
TOTAL	917	543	1261		2721

Tabla 3.28: Porcentajes de las almortas de cada cronología distribuidas en los tres grupos de formas obtenidos con el análisis de conglomerados

En el gráfico bidimensional obtenido del análisis de correspondencia, marcando esta vez las fases cronológicas (figura 3.49), se observa como las almortas de la tercera fase cronológica tienden a situarse en la parte negativa del eje x y algo más en la positiva del y, mientras que las de la cuarta fase lo hacen más en la parte positiva del x y la negativa del y; hecho que se aprecia claramente observando donde se sitúan los puntos que recogen la media de cada una de las fases cronológicas. A pesar de que se aprecia una tendencia algo mayor que en el caso anterior, existen excepciones en ambas fases.



Curiosamente la agrupación realizada por clústeres de forma a nivel regional y cronológico son bastantes similares. La distribución realizada en los yacimientos catalanes es bastante similar a los resultados del tercer periodo cronológico (750-500 a.C.), mientras que la agrupación de las semillas de almortas procedentes de Languedoc es muy similar a la del cuarto periodo (500-200 a.C.) (tabla 3.29). Si se observan los datos por separado de cada una de la región, se observa como las almortas de Cataluña y Languedoc de la tercera fase cronológica se distribuyen de forma algo más similar que en el cómputo regional, por lo que puede existir cierta semejanza entre las almortas de ambas regiones en este momento cronológico. La distribución de las almortas de ambas regiones en la cuarta fase cronológica no presenta similitudes en las formas 1 y 2 pero si en la 3. En este caso existe una gran diferencia de individuos en cada caso (1923 individuos en Languedoc y 53 en Cataluña, los cuales prácticamente en su mayoría proceden de un solo yacimiento, Les Malese (López, 2006b). En resumen, podría existir una mayor similitud entre las almortas de la tercera fase cronológica entre las dos regiones que se pierde o

diluye en la cuarta, aunque la diferencia de los grupos muestrales puede alterar este resultado.

Yac.	Crono.	Región	Grupo						
			1		2		3		Total
LSS	500-200	LAN	248	30.77%	192	23.82%	366	45.41%	806
MAL	500-200	CAT	20	45.45%	5	11.36%	19	43.18%	44
MND	750-500	LAN	147	29.64%	86	17.34%	263	53.02%	496
MND	500-200	LAN	431	38.69%	231	20.74%	452	40.57%	1114
SJM	750-500	CAT	20	34.48%	13	22.41%	25	43.10%	58
TFC	750-500	CAT	41	22.78%	15	8.33%	124	68.89%	180
TFC	500-200	CAT	4	66.67%	0	0.00%	2	33.33%	6
TOTAL			911	33.69%	542	20.04%	1251	46.26%	2704

Tabla 3.29: Porcentajes de las almortas de cada yacimiento distribuidas en los tres grupos de formas obtenidos con el análisis de conglomerados

Si se analizan los yacimientos con una muestra significativa de individuos (>30), las tres fases cronológicas de los dos yacimientos que se sitúan en Languedoc, presentan una distribución algo semejante entre ellos, salvo las diferencias entre el cluster de forma 1 de Lattes y la fase de la misma cronología de la Monédière (30,8 y 38,7% respectivamente) en los otros dos grupos de forma estos dos casos han tenido resultados similares (tabla 3.30). Los resultados de la fase más antigua de la Monédière (750-500 a.C.) presenta una distribución en el cluster de forma 1 bastante similar a los resultados de Lattes, mientras que la distribución en el grupo de forma 2 es inferior a los dos anteriores y bastante superior en el grupo 3; por lo tanto, existe una mayor similitud entre las fases cronológicas más modernas de Lattes y la Monédière, mientras que la más antigua de este segundo yacimiento es algo diferente. Los tres yacimientos catalanes si presentan diferencias significativas en su agrupación en los tres grupos, destacando el caso de la fase más antigua de Font de la Canya, la cual presenta un 68,9% de sus individuos en el grupo 3, mientras que en el resto de yacimientos este porcentaje se encuentra entre un 40 y 53%. En los otros dos grupos sus valores son inferiores al resto de yacimientos, con un 8% en el grupo 2, cuando los otros yacimientos presentan porcentajes entre el 11 y el 23%. En el grupo 1 se clasificaron al 22,8 de los individuos, mientras que en el resto fue entre un 30 y un 45%, por lo que las almortas de Font de la Canya son las que más difieren al resto de yacimientos. En definitiva, salvo en el caso de Font de la Canya, vemos una cierta homogeneidad entre los diferentes yacimientos, en especial en los de la región de Languedoc, aunque no hay diferencias claras cronológicas sí parece haber cierta homogeneidad en las almortas procedentes de Languedoc frente a una distribución de formas más heterogenia en Cataluña.

M.tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo						
				1	2	3	Total			
1	1055-5	TFC	CAT	9	14.29%	7	11.11%	47	74.60%	63
3	1030	TFC	CAT	6	37.50%	3	18.75%	7	43.75%	16
11	1201	TFC	CAT	2	12.50%	3	18.75%	11	68.75%	16
13	1059	TFC	CAT	22	30.99%	2	2.82%	47	66.20%	71
51	649	MAL	CAT	7	36.84%	3	15.79%	9	47.37%	19
53	692	MAL	CAT	13	61.90%	1	4.76%	7	33.33%	21
60	1007-1	SJM	CAT	13	43.33%	2	6.67%	15	50.00%	30
61	1006	SJM	CAT	6	26.09%	9	39.13%	8	34.78%	23
76	12116-1227	MND	LAN	116	37.91%	72	23.53%	118	38.56%	306
77	12017-1A	MND	LAN	75	43.86%	28	16.37%	68	39.77%	171
78	12017-1B	MND	LAN	20	47.62%	5	11.90%	17	40.48%	42
79	12048-12,9	MND	LAN	67	41.88%	26	16.25%	67	41.88%	160
80	12059-12,11	MND	LAN	12	42.86%	5	17.86%	11	39.29%	28
83	12017-3A	MND	LAN	22	39.29%	11	19.64%	23	41.07%	56
84	12017	MND	LAN	56	35.00%	39	24.38%	65	40.63%	160
85	12017-ABORAS1A	MND	LAN	52	34.67%	35	23.33%	63	42.00%	150
86	10816-9101-UNF17	MND	LAN	22	35.48%	10	16.13%	30	48.39%	62
87	10816-9102-UNF17	MND	LAN	14	22.95%	10	16.39%	37	60.66%	61
90	10673-9080	MND	LAN	1	10.00%	1	10.00%	8	80.00%	10
91	10802-9098	MND	LAN	41	32.54%	14	11.11%	71	56.35%	126
98	10687-9082	MND	LAN	8	34.78%	8	34.78%	7	30.43%	23
99	12369-1259	MND	LAN	68	29.44%	49	21.21%	114	49.35%	231
100	54782	LSS	LAN	80	32.26%	62	25.00%	106	42.74%	248
101	54766	LSS	LAN	66	33.00%	51	25.50%	83	41.50%	200
0102-2	54794-2	LSS	LAN	8	25.00%	13	40.63%	11	34.38%	32
0102-3	54794-3	LSS	LAN	46	30.87%	37	24.83%	66	44.30%	149
0102-4	54794-4	LSS	LAN	12	36.36%	5	15.15%	16	48.48%	33
103	27293	LSS	LAN	3	12.00%	7	28.00%	15	60.00%	25
104	54763	LSS	LAN	16	32.65%	9	18.37%	24	48.98%	49
107	27733	LSS	LAN	10	21.28%	6	12.77%	31	65.96%	47
TOTAL				893	33.98%	533	20.28%	1202	45.74%	2628

Tabla 3.30: Porcentajes de las almortas de cada muestra distribuidas en los tres grupos de formas obtenidos con el análisis de conglomerados

Al comparar las muestras de cada yacimiento entre ellas, se han seleccionado los yacimientos con más de 30 individuos y las muestras con más de 10 semillas, disponiendo de 4 muestras de Font de la Canya, 2 de Les Maleses, 2 de Sant Jaume, 13 de La Monédièree y 8 de Lattes. En el primer yacimiento las muestras son algo heterogéneas, pero con un rango más o menos común. En el primer grupo se establecieron entre el 12,5 y el 37,5% de los individuos; en el segundo grupo este rango se establece entre el 2,8 y 18,8% y finalmente en el 3 abarca del 44,8 al 74,6%. A pesar de esta amplitud sí que

existen ciertas similitudes, ya que en todas las muestras el grupo 3 es el más numeroso mientras que el segundo es el que menos individuos tiene, con la excepción de la UE 1201 que es el grupo 2 pero por muy poco margen. Las dos muestras de Les Maleses presentan una distribución de las semillas de almortas muy diferentes entre ellas, ya que en la UE 692, el grupo más numeroso es el primero, con un 61,9%, mientras que en la UE 649 es el tercero, con un 47,4%; estos cambios pueden estar influidos por el tamaño muestral, que es de unas 20 semillas en cada muestra. En Sant Jaume se observa una situación muy similar, con dos muestras con pocos individuos y resultados muy diferentes en cada grupo. En la Monédière existe cierta homogeneidad en comparación con los casos anteriores. Entre el 35 y 50% de las almortas fueron clasificadas en el primer grupo, salvo las muestras 10687-9082 y 12369-1259 las cuales rondaron en torno al 30% y la 10816-9102 con un 22%. En el grupo 2 la mayoría de las muestras tienen en torno al 15-20% de sus individuos, salvo las muestras 12017-1B y 10673-9080 que tienen entorno al 11 o 12% y la 10687-9082, que alcanza el 35% (hay que señalar que con 23 almortas esta UE tiene bastantes menos individuos que la mayoría, las cuales superan los 100). En el tercer grupo todas las muestras presentan en torno al 35-60% de sus individuos. Por último, en Lattes, se encuentran las muestras más homogéneas entre ellas. En el primer grupo casi todas las muestras agruparon entre el 25 y el 36% salvo la UE 27293 en la cual solo se clasificó el 12 %. En el grupo 2, todas las muestras agruparon en torno al 15-25% de las almortas, salvo la UE 54794-2 que llega al 40% y la UE 27733 con el 12,8 % de los individuos en este grupo. En el tipo 3, la mayoría de muestras agruparon en torno al 42-52% de las semillas, salvo la UE 54794-2 con un 34%, la 27293 con un 60 y la 27733 con un 66%.

En el gráfico del análisis de correspondencia basado en las muestras, pero centrado en los yacimientos, se observan como los situados en Languedoc tienen muestras algo más homogéneas entre ellas, aunque con algunas muestras más dispersas y alejadas y como los yacimientos catalanes presentan muestras más heterogéneas dentro de un mismo yacimiento (figura 3.50). Este tipo de dato puede señalar la presencia de diferentes variedades o especies (no hay que olvidar que no se ha separado entre *Lathyrus sativus* y *L. cicera*) o diferencias por otros factores como sistemas de cultivo o irrigaciones, ya que estas diferencias no se producirían por la variabilidad interna de una variable, ya que sería similar en las diferentes muestras.

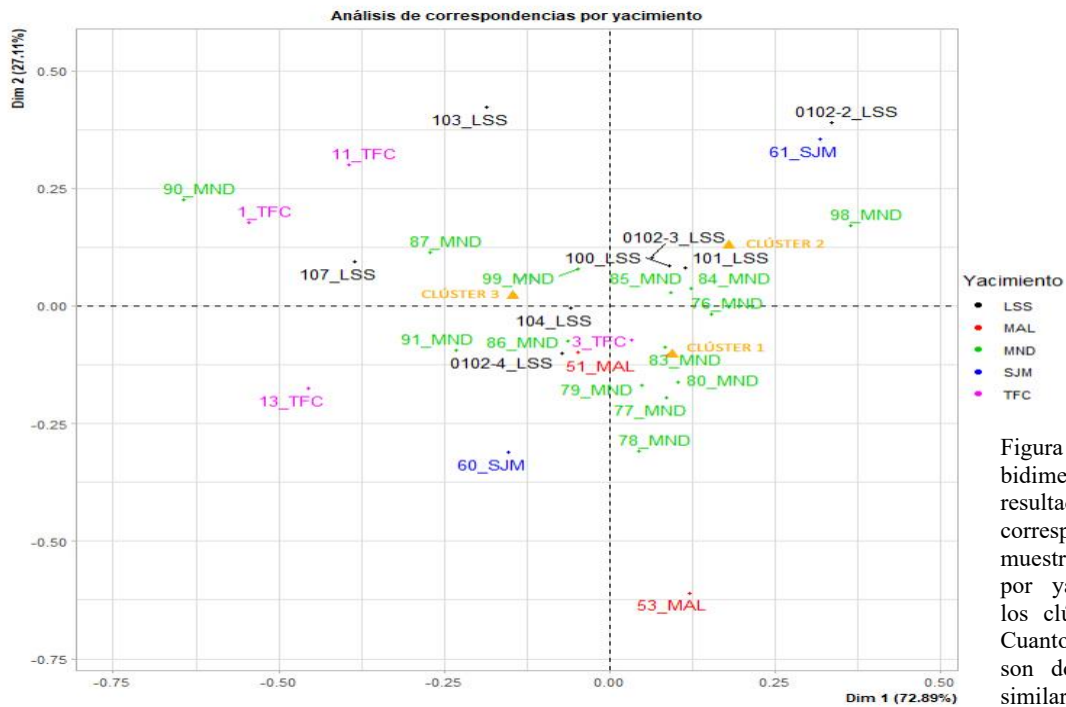


Figura 3.50: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con almortas por yacimientos según los clústeres de forma. Cuantos más próximas son dos muestras más similares son sus distribuciones en los grupos de forma

3.5.2.1.2 Tamaño

Los 3 grupos obtenidos por los tamaños en las semillas de almortas ordenados de mayor tamaño a menor son el 1, con un rango de longitud entre 3,95 - 4,73 - 6,19, una anchura con rangos de 3,02 - 3,91 - 5,06 y un grosor de 3,47 - 4,39 - 6,01. En el grupo 2, el intermedio, el rango de la longitud es de 3,51 - 4,14 - 5,31 la anchura es de 2,44 - 3,42 - 4,22 y el grosor de 2,79 - 3,78 - 4,74. El grupo 3, el más pequeño, tiene un rango de longitud de 2,10 - 3,43 - 4,27, la anchura de 1,56 - 2,82 - 3,44 y el grosor de 1,73 - 3,22 - 4,03 (tabla 3.31).

Clúster	Longitud			Anchura			Grosor		
	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.
1	3,95	4,73	6,19	3,02	3,91	5,06	3,47	4,39	6,01
2	3,51	4,14	5,31	2,44	3,42	4,22	2,79	3,78	4,74
3	2,10	3,43	4,27	1,56	2,82	3,44	1,73	3,22	4,03

Tabla 3.31. Valores mínimo medio y máximo de las diferentes variables de tamaño de las almortas según los clústeres establecidos

El análisis de correspondencias entre las semillas de almortas agrupadas por muestra arqueológica y los 3 tipos de tamaño obtenidos en el análisis de clústeres ha obtenido un valor de chi cuadrado de $1,47 \times 10^{-103}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre variables, existiendo mayor relación entre ambas que en el caso de forma.

A nivel regional se aprecia como los individuos de Languedoc son algo más grandes que los de Cataluña, ya que la primera área tiene un 37,7% de sus individuos en el grupo de los más grandes mientras que la segunda tiene un 33,1% de su total (tabla 3.32). En el segundo grupo se establecieron el 45,7% de las almortas de Languedoc y el 40,6% de las de Cataluña, mientras que en el grupo pequeño se encuentran el 16,5% y el 26,7% respectivamente. Por último 7 almortas procedentes de Valencia se establecieron en el segundo grupo y una en el tercero. Aunque no es muy marcado sí que se puede apreciar un mayor tamaño en las almortas procedentes del sur de Francia frente a las catalanas, sin embargo, el escaso número en los yacimientos valencianos nos impide compararlas con el resto.

Región	Grupo						
	1		2		3		Total
AND	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
CAT	97	33.11%	119	40.61%	77	26.28%	293
LAN	914	37.72%	1108	45.73%	401	16.55%	2423
VAL	0	0.00%	7	87.50%	1	12.50%	8
TOTAL	1011	37.11%	1234	45.30%	479	17.58%	2724

Tabla 3.32: Porcentajes de las almortas de cada región en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

El gráfico bidimensional del análisis de correspondencias (figura 3.51) no se observa una tendencia clara en la distribución regional, ya que ambas áreas tienen muestras distribuidas por todo el espacio. Sin embargo, sí que se observa una mayor presencia de muestras de Languedoc en el cuadrante inferior izquierda, que hace referencia a muestras con bastantes almortas en los clústeres 1 y 2 (grande e intermedio) y prácticamente solo muestras catalanas más a la derecha de la media del clúster 3, que evidencia un menor tamaño de las almortas de estas muestras.

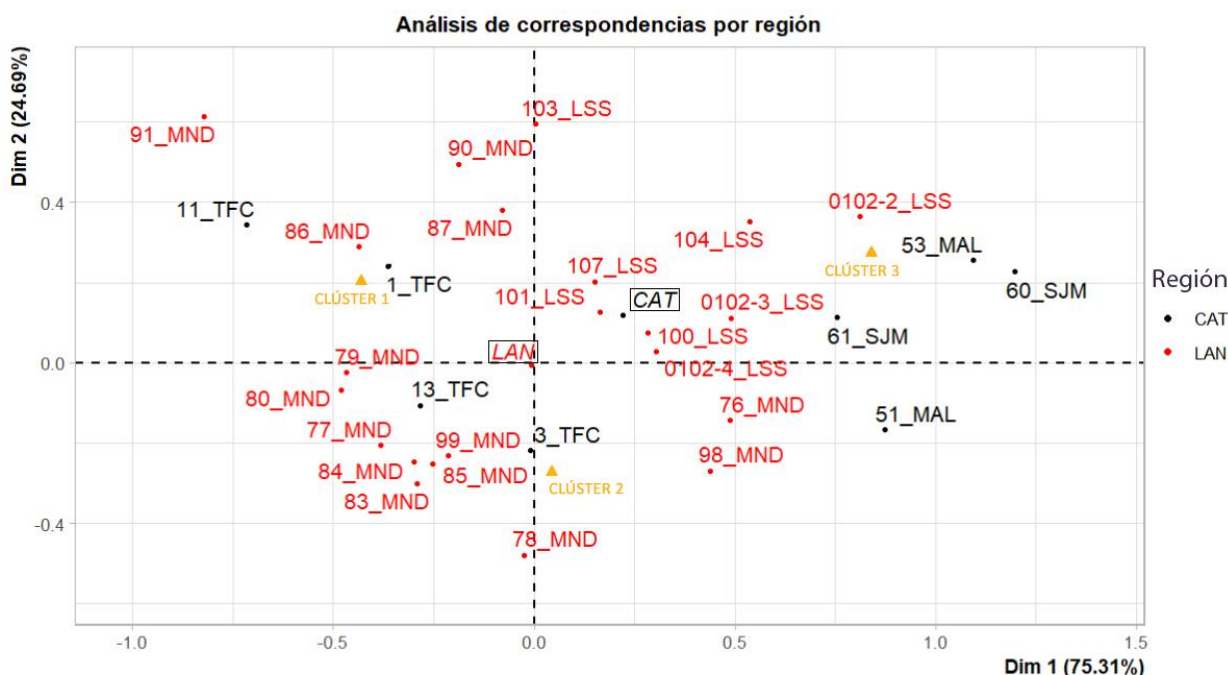


Figura 3.51: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con almortas por regiones según los clústeres de tamaño

Las almortas de la cuarta fase cronológica (500-200 a.C.) son más pequeñas en comparación con las de la tercera fase (750-500 a.C.), ya que se distribuyen en un 32,4 y un 50% respectivamente en el grupo de mayor tamaño (tabla 3.33). En el intermedio cambian las posiciones, con un 48% en la cuarta fase frente al 38,1% en la tercera. Por último, en el grupo más pequeño también presentan más individuos las almortas de la cuarta fase (19,7%) frente a la tercera (11,8%). Hay 4 almortas de la segunda fase (1300-750 a.C.) y 2 de la primera (2200-1300 a.C.) pero debido a su bajo número no se han tenido en cuenta en esta comparación.

Crono.	Grupo						Total
	1		2		3		
2200-1300	1	50.00%	1	50.00%	0	0.00%	2
1300-750	1	25.00%	1	25.00%	2	50.00%	4
750-500	367	50.00%	280	38.15%	87	11.85%	734
500-200	642	32.36%	952	47.98%	390	19.66%	1984
TOTAL	1011	37.11%	1234	45.30%	479	17.58%	2724

Tabla 3.33: Porcentajes de las almortas de cada cronología en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En la distribución bidimensional si se aprecia una clara diferencia de la distribución de las muestras según la fase cronológica, apareciendo las muestras de la tercera fase cronológica más próximas al clúster 1 (el de mayor tamaño, situado en el cuadrante superior izquierdo) y las más modernas más próximas al clúster 2 y 3 (figura 3.52). Existen algunas excepciones, como las muestras de Sant Jaume, muy próximas al grupo más pequeño y algunas muestras de La Monédière que se encuentran entre el clúster 1 y 2.

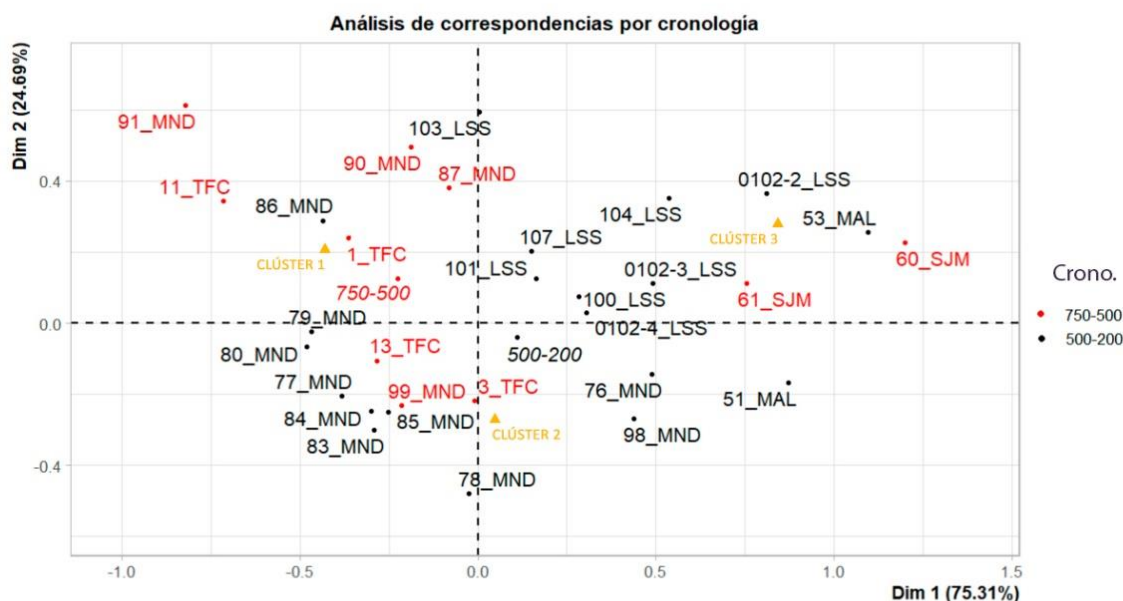


Figura 3.52: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con almortas por cronología según los clústeres de tamaño

De nuevo, únicamente los yacimientos con más de 30 individuos se han tenido en cuenta. La fase más antigua de La Monédière y Font de la Canya tienen las almortas de mayor tamaño, con un 55,2% y 50% en el grupo más grande respectivamente (tabla 3.34). A continuación, con almortas más pequeñas que las anteriores, pero todavía de considerable tamaño están las de la fase más moderna de La Monédière y las de Lattes con un 35,5 y un 30,1% respectivamente, ambas fases coinciden en el cuarto periodo cronológico. Las almortas de les Maleses y Sant Jaume son las más pequeñas, con solo el 2,3 y el 5,2% de sus individuos en este grupo respectivamente. El segundo grupo presenta porcentajes bastante homogéneos entre el 36,9% de las almortas de la fase más antigua de la Monédière al 53,9% de la fase más moderna del mismo yacimiento, ocupando el resto de yacimientos posiciones intermedias. Por último, en el grupo más pequeño se encuentran el 54,5% de las almortas de les Maleses y el 51,7% de las de Sant Jaume, confirmándose como los yacimientos con las semillas más pequeñas, Lattes ocupa una posición

intermedia con un 30%, mientras que solo el 10% de las semillas de Font de la Canya, el 10,5% de las modernas de La Monédièree y el 7,9% de las antiguas del mismo yacimiento se encuentran aquí, confirmándose su mayor tamaño. La fase más moderna de Font de la Canya no se ha tenido en cuenta el tener solo 6 individuos. En general se aprecia como las almortas de la tercera fase cronológica son más grandes que las de la cuarta en los diferentes yacimientos, mientras que las de Les Maleses y Sant Jaume tienen menores tamaños independientemente de su cronología.

Yac.	Crono.	Región	Grupo						
			1		2		3		Total
LSS	500-200	LAN	243	30.15%	321	39.83%	242	30.02%	806
MAL	500-200	CAT	1	2.27%	19	43.18%	24	54.55%	44
MND	750-500	LAN	274	55.24%	183	36.90%	39	7.86%	496
MND	500-200	LAN	396	35.55%	601	53.95%	117	10.50%	1114
SJM	750-500	CAT	3	5.17%	25	43.10%	30	51.72%	58
TFC	750-500	CAT	90	50.00%	72	40.00%	18	10.00%	180
TFC	500-200	CAT	1	16.67%	1	16.67%	4	66.67%	6
TOTAL			1008	37.28%	1222	45.19%	474	17.53%	2704

Tabla 3.34: Porcentajes de las almortas de cada yacimiento en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

Al analizar por separado las muestras con más de 10 semillas de estos yacimientos se aprecia cómo las 4 muestras de Font de la Canya se muestran bastante homogéneas, con valores cercano a la media del total del yacimiento vista anteriormente, aunque la UE 1054 tiene almortas algo más pequeñas y la 1201 algo más grande, pero debido a su menor tamaño muestral pueden tener valores algo más extremos. Las muestras de les Maleses son bastante similares entre ellas, confirmando la presencia de almortas de un tamaño pequeño en ambas muestras, hecho muy similar al observado con las dos muestras de Sant Jaume (tabla 3.35). En La Monédièree existe bastante heterogeneidad, con la muestra 10802-9098 con un 87,3% de sus individuos en el grupo más grande y solo un 1,6% en el más pequeño. En el otro extremo están las almortas de las UEs 12116-1227 y 10687-9082, con valores de 15 y 13% en el grupo de individuos de mayor tamaño y con un 30 y 26% en el grupo más pequeño respectivamente. El resto de muestras tienen valores intermedios, aunque también algo heterogéneos en los tres grupos. Las muestras de Lattes son más homogéneas que las anteriores, pero algo más heterogéneas que las procedentes de yacimientos catalanes. En el grupo de semillas más grande sus valores van desde un 19% a un 38% con la muestra 27293 que llega hasta el 56%. Los valores del segundo grupo tienen un rango entre el 30 y 45% salvo para la UE 27293, la cual solo tiene un 16% de sus individuos en este grupo. Por último, en el grupo más pequeño se encuentran entre el 25 y el 50% de las almortas de este yacimiento.

M.tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo						
				1		2		3		Total
1	1055-5	TFC	CAT	37	58.73%	20	31.75%	6	9.52%	63
3	1030	TFC	CAT	5	31.25%	9	56.25%	2	12.50%	16
11	1201	TFC	CAT	12	75.00%	4	25.00%	0	0.00%	16
13	1059	TFC	CAT	32	45.07%	35	49.30%	4	5.63%	71
51	649	MAL	CAT	0	0.00%	11	57.89%	8	42.11%	19
53	692	MAL	CAT	1	4.76%	8	38.10%	12	57.14%	21
60	1007-1	SJM	CAT	0	0.00%	12	40.00%	18	60.00%	30
61	1006	SJM	CAT	3	13.04%	10	43.48%	10	43.48%	23
76	12116-1227	MND	LAN	46	15.03%	168	54.90%	92	30.07%	306
77	12017-1A	MND	LAN	78	45.61%	92	53.80%	1	0.58%	171
78	12017-1B	MND	LAN	10	23.81%	29	69.05%	3	7.14%	42
79	12048-12,9	MND	LAN	87	54.38%	71	44.38%	2	1.25%	160
80	12059-12,11	MND	LAN	15	53.57%	13	46.43%	0	0.00%	28
83	12017-3A	MND	LAN	22	39.29%	33	58.93%	1	1.79%	56
84	12017	MND	LAN	66	41.25%	90	56.25%	4	2.50%	160
85	12017-ABORASIA	MND	LAN	59	39.33%	85	56.67%	6	4.00%	150
86	10816-9101-UNF17	MND	LAN	39	62.90%	18	29.03%	5	8.06%	62
87	10816-9102-UNF17	MND	LAN	32	52.46%	16	26.23%	13	21.31%	61
90	10673-9080	MND	LAN	6	60.00%	2	20.00%	2	20.00%	10
91	10802-9098	MND	LAN	110	87.30%	14	11.11%	2	1.59%	126
98	10687-9082	MND	LAN	3	13.04%	14	60.87%	6	26.09%	23
99	12369-1259	MND	LAN	89	38.53%	129	55.84%	13	5.63%	231
100	54782	LSS	LAN	73	29.44%	107	43.15%	68	27.42%	248
101	54766	LSS	LAN	71	35.50%	80	40.00%	49	24.50%	200
0102-2	54794-2	LSS	LAN	6	18.75%	10	31.25%	16	50.00%	32
0102-3	54794-3	LSS	LAN	34	22.82%	63	42.28%	52	34.90%	149
0102-4	54794-4	LSS	LAN	9	27.27%	15	45.45%	9	27.27%	33
103	27293	LSS	LAN	14	56.00%	4	16.00%	7	28.00%	25
104	54763	LSS	LAN	14	28.57%	15	30.61%	20	40.82%	49
107	27733	LSS	LAN	18	38.30%	17	36.17%	12	25.53%	47
TOTAL				991	37.71%	1194	45.43%	443	16.86%	2628

Tabla 3.35: Porcentajes de las almortas de cada muestra en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En la distribución espacial en una gráfica bidimensional (figura 3.53), se aprecia como las diferentes muestras se distribuyen bastante claramente según al yacimiento al que corresponden, no encontrando prácticamente ninguna muestra que se aleja del resto de su mismo yacimiento. Esta distribución no se apreciaba tan claramente en las variables regionales o cronológicas ni en los casos de las formas de las almortas.

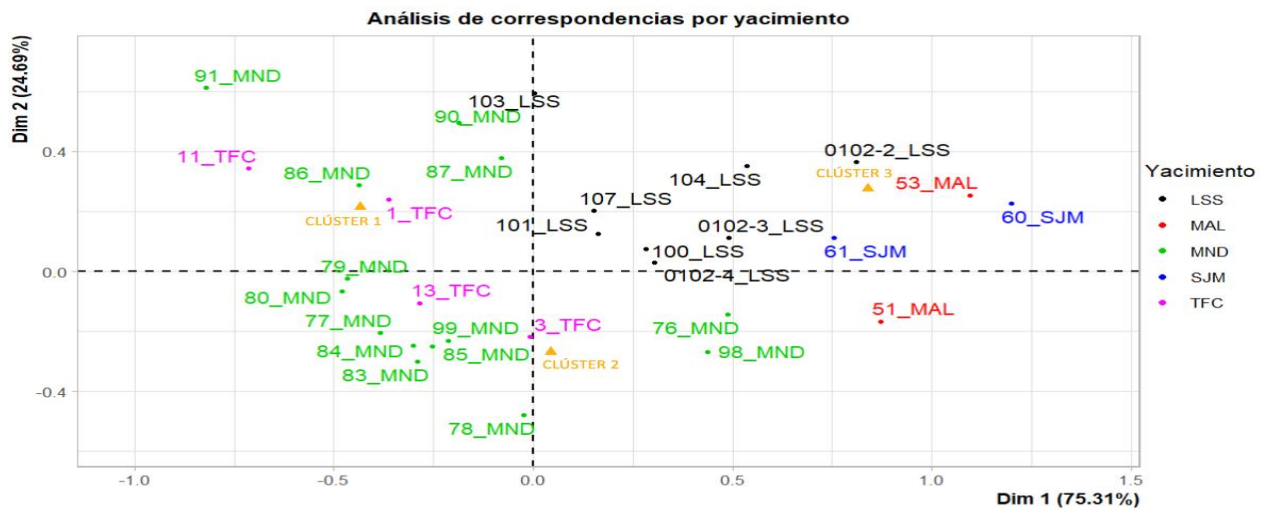


Figura 3.53: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con almortas por yacimientos según los clústeres de tamaño

Las diferencias y semejanzas que existen a nivel regional, cronológico, entre yacimientos y muestras, puede indicarnos la presencia de *Lathyrus sativus* y *cicera*, aunque en el presente trabajo no se ha podido realizar, estos resultados abren la puerta a futuras investigaciones en las cuales semillas actuales de diferentes variedades de estas dos especies se carbonicen, se analicen a través de la morfometría geométrica y se comparen con los datos arqueológicos para intentar definir si se tratan de individuos de una especie u otra. En resumen, se ve una cierta relación entre las formas de las almortas y las fases cronológicas que puede influir en los resultados regionales al pertenecer muchas almortas de una cronología concreta a una región concreta. Respecto al tamaño, las diferencias regionales y sobre todo cronológicas son más marcadas, siendo las almortas de la tercera fase cronológica más grandes, salvo en el caso de Sant Jaume. En los tamaños también se aprecia una distribución bastante marcada por yacimientos, que evidencia esta tendencia cronológica.

3.5.2.1.3 Tamaño y forma

El primer análisis aplicado ha sido el test de χ^2 de homogeneidad, obteniendo un valor de p de $1,06 \cdot 10^{-4}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula, existiendo relación entre ambos tipos de clústeres no siendo independientes. Para comprobar si los grupos establecidos con el análisis de conglomerados en las variables de forma tienen que ver con los grupos generados con las variables de tamaño se ha realizado un análisis de correlación de Spearman. El resultado del coeficiente de relación es de -0,03 y el valor de p es de 0,17, por lo tanto, no hay ningún tipo de relación entre los grupos de forma con los de tamaño

ni viceversa. El coeficiente de relación se establece entre 0 y 1, siendo los valores más próximos a 0 los que indican ninguna correlación y los próximos a 1 una correlación absoluta, si es negativo es una correlación inversa, por lo que en este caso no existe correlación. El valor de p nos indica que no hay diferencia significativa, por lo que la correlación es estadísticamente insignificativa.

A pesar de la falta de correlación hemos realizado una tabla de contingencias entre los grupos obtenidos a través del análisis de conglomerados no jerárquico para comprobar si existe algún clúster concreto que se relacione con otro, aunque no lo hagan los 6 en su conjunto (tabla 3.36). El resultado muestra como las formas del grupo 2 tienden a ser algo más pequeñas que las otras dos (tabla 31) ya que su porcentaje es ligeramente menor en el grupo más grande y ligeramente mayor en el grupo intermedio y pequeño, por lo tanto, las almortas con formas de tipo 2 suelen ser ligeramente menores que el resto.

Clústeres de forma	Clústeres de tamaño						
	1		2		3		Total
1	356	38.82%	397	43.29%	164	17.88%	917
2	157	28.91%	268	49.36%	118	21.73%	543
3	498	39.40%	569	45.02%	197	15.59%	1264
TOTAL	1011	37.11%	1234	45.30%	479	17.58%	2724

Tabla 3.36: Tabla de contingencia entre los clústeres de forma (en las filas) y los clústeres de tamaño (columnas) ordenados de mayor a menor

En general tanto en la forma como en el tamaño, las diferencias existentes entre regiones y cronología parecen estar más influenciados por la segunda variable, pero se refleja en las zonas geográficas al ser la mayoría de los restos de Languedoc de la tercera fase y los catalanes de la cuarta. A pesar de esta relación cronológica hay excepciones, como las almortas de Sant Jaume, pertenecientes a la tercera fase cronológica (en general de mayor tamaño) pero son las más pequeñas de todas. También existen diferencias de forma y tamaño entre muestras de un mismo yacimiento arqueológico, como es el caso de La Monédière, con muestras que se pueden agrupar en tres subgrupos y en ocasiones coinciden ambas muestras en las comparaciones de forma y tamaño. En Lattes y Font de la Canya también se aprecian estas diferencias. Por último, existe cierta relación entre las formas y los tamaños, teniendo las almortas del clúster 2 menor tamaño, mientras que las de los otros dos son algo mayores.

3.5.2.2 Lentejas (*Lens culinaris*)

3.5.2.2.1 Forma

Los índices analizados para establecer el número de grupos más idóneo para los datos de las formas han establecido 3 clústeres para este modelo. Las formas de las vistas laterales de los tres modelos son muy semejantes entre ellas, las vistas ventrales del grupo 1 y 2 son muy similares, pero difieren de las del grupo 3, cuyas lentejas tienen una forma más alargada y menos circular que las semillas de los otros grupos (figura 3.54). Con estos resultados se decidió verificar si realizando un análisis de conglomerados no jerárquico de 2 grupos podía establecer mejores resultados en la forma, pero ambos grupos presentaron formas muy similares. Ante estos resultados se ha decidido utilizar el modelo no jerárquico de 3 grupos, aunque para las comparaciones se trate al grupo 1 y 2 como un conjunto y al 3 de forma individual.

	1	2	3
1			
2			
3			
V	VV VL	VV VL	VV VL

Figura 3.54: Siluetas de las lentejas (*Lens culinaris*) de los tres grupos obtenidos en las variables de forma a través del análisis de conglomerados no jerárquico

El análisis de correspondencias entre las semillas de lentejas agrupadas por muestra arqueológica y los 3 tipos de formas obtenidos en el análisis de clústeres ha obtenido un valor de chi cuadrado de $6,91 \times 10^{-17}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre variables, existiendo relación entre ambas.

Las 1179 lentejas han sido analizadas a través de la morfometría geométrica, procediendo 1099 de ellas de yacimientos catalanes, 74 de yacimientos situados en Languedoc y 6 de yacimientos valencianos (tabla 3.37). Únicamente las semillas de Cataluña y Languedoc pueden compararse entre ellas, aunque con cierta precaución por la diferencia del tamaño muestral. Los valores son bastante similares entre ellas, no existiendo diferencias significativas entre la distribución de las semillas entre los grupos. Como se observa, es una especie que prácticamente solo se encuentra en el norte del área geográfica de estudio.

Región	Grupo						Total
	1		2		3		
AND	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
CAT	380	34.58%	438	39.85%	281	25.57%	1099
LAN	22	29.73%	36	48.65%	16	21.62%	74
VAL	0	0.00%	4	66.67%	2	33.33%	6
TOTAL	402	34.10%	478	40.54%	299	25.36%	1179

Tabla 3.37: Porcentajes de las lentejas de cada región en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

En la gráfica bidimensional obtenida a través del análisis de correspondencias y centrándonos en las regiones (figura 3.55), se aprecia una pequeña tendencia de las lentejas de Languedoc a estar más cercanas al clúster 2, aunque al tener solo tres muestras de esta región es difícil visualizar tendencias regionales en las formas. La media de las lentejas catalanas se encuentra prácticamente en el punto cero, evidenciando que la mayoría de las lentejas estudiadas pertenecen a esta región.

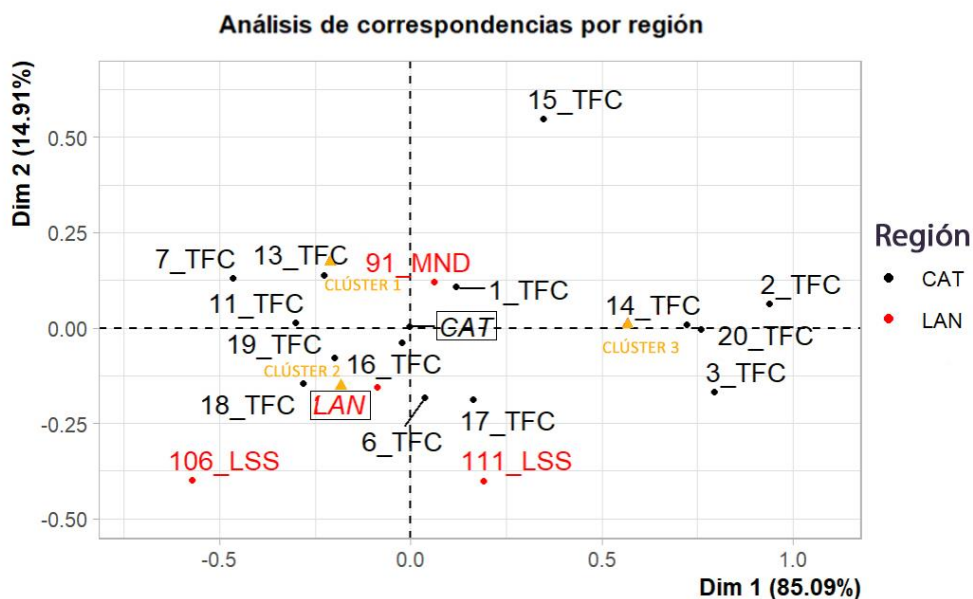


Figura 3.55: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con lentejas por regiones según los clústeres de forma

Únicamente se han podido analizar lentejas de la tercera fase cronológica (750-500 a.C.) y la cuarta (500-200 a.C.), ya que la primera no tiene ningún individuo y la segunda solo 3 (tabla 3.38). Al compararse ambas fases se aprecia un porcentaje más alto de las semillas del grupo 3 en la cuarta fase (46,6%) frente a la tercera (23,1%), en los otros dos grupos hay diferencias en el primer grupo, con los valores más o menos inversos a los del grupo 3.

Crono.	Grupo						Total
	1		2		3		
2200-1300	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
1300-750	0	0.00%	1	33.33%	2	66.67%	3
750-500	370	35.24%	424	40.38%	256	24.38%	1050
500-200	32	25.40%	53	42.06%	41	32.54%	126
TOTAL	402	34.10%	478	40.54%	299	25.36%	1179

Tabla 3.38: Porcentajes de las lentejas de cada cronología en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

En la gráfica bidimensional (figura 3.56) se aprecia las pequeñas diferencias observadas en los perfiles fila y columna, con una cuarta fase cronológica algo más cerca del clúster 3 y situada en el cuadrante inferior derecha, mientras que la tercera base se encuentra muy

cerca del punto cero, hecho que evidencía que la mayoría de las lentejas pertenezcan a este periodo.

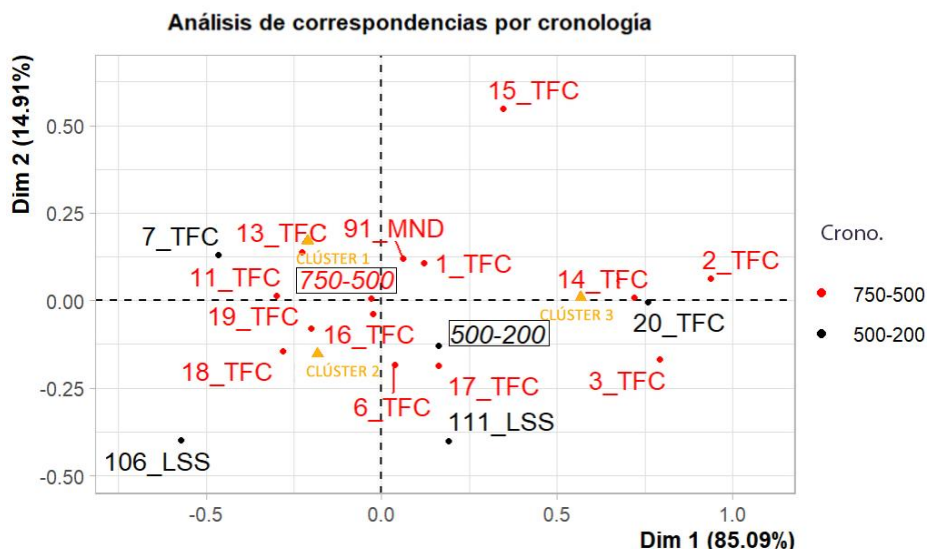


Figura 3.56: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con lentejas por cronología según los clústeres de forma

Tres yacimientos; Font de la Canya, Lattes y La Monédière; tienen más de 20 individuos, aunque prácticamente la totalidad de lentejas proceden del primero, con 1093 sobre un total de 1179. En el grupo 3 se establecieron el 17,6% de Lattes, el 23,1% de las lentejas más antiguas de Font de la Canya, el 30,4% de La Monédière, y finalmente el 61,33% de las más modernas de Font de la Canya (tabla 3.39). La distribución en los otros dos grupos difiere entre los tres yacimientos, pero debido a su similitud de forma no se han considerado relevantes. Las diferencias apreciadas en el grupo 3 entre las diferentes fases de Font de la Canya hay que analizarla cuidadosamente, ya que estas diferencias se dan por las muestras y no la cronología (Tarongi et al., 2021) como se ve al desglosarse los resultados por muestras.

Yac.	Crono.	Región	Grupo						
			1	2	3	Total			
MND	750-500	LAN	9	39.13%	7	30.43%	7	30.43%	23
LSS	500-200	LAN	13	25.49%	29	56.86%	9	17.65%	51
TFC	750-500	CAT	359	35.23%	411	40.33%	249	24.44%	1019
TFC	500-200	CAT	19	25.68%	23	31.08%	32	43.24%	74
TOTAL			400	34.28%	470	40.27%	297	25.45%	1167

Tabla 3.39: Porcentajes de las lentejas de cada yacimiento en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Se ha decidido comparar únicamente las muestras con más de 10 individuos del yacimiento de Font de la Canya entre ellas ya que la falta de individuos en el resto ha impedido este hecho (tabla 3.40). De las 13 muestras, 4 tienen más de un 50% de sus individuos en el grupo 3 (la UE 1030 con un 66,7% la 1054 con un 60%, la 1140 con un 57,1% y la 1031 con un 58,9%), 3 tienen un valor intermedio entre 30 y 50% (la UE 1055-5 con un 31%, la 1215b-2 con un 41,7% y la 1215b-4 con un 32,4%). 5 muestras presentan valores entre 5,5 y 16,8% de sus lentejas en este grupo, mientras que 2 se sitúan en torno al 25% (las UEs 1115 y 1215b). Con estos valores se observa una diferencia entre muestras con altos porcentajes de lentejas con formas más alargadas (grupo 3) y otras muestras en las cuales las lentejas son más circulares (grupos 1 y 2), pudiendo indicar diferentes variedades cultivadas.

M. tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo						
				1		2		3		Total
1	1055-5	TFC	CAT	69	36.32%	62	32.63%	59	31.05%	190
2	1030	TFC	CAT	4	16.67%	4	16.67%	16	66.67%	24
3	1054	TFC	CAT	1	10.00%	3	30.00%	6	60.00%	10
6	1115	TFC	CAT	23	25.84%	42	47.19%	24	26.97%	89
7	1110	TFC	CAT	9	50.00%	8	44.44%	1	5.56%	18
11	1201	TFC	CAT	66	41.51%	73	45.91%	20	12.58%	159
13	1059	TFC	CAT	85	45.21%	73	38.83%	30	15.96%	188
14	1140	TFC	CAT	8	19.05%	10	23.81%	24	57.14%	42
15	1215b-2	TFC	CAT	6	50.00%	1	8.33%	5	41.67%	12
16	1215b-3	TFC	CAT	19	33.33%	24	42.11%	14	24.56%	57
17	1215b-4	TFC	CAT	17	22.97%	33	44.59%	24	32.43%	74
18	1215	TFC	CAT	21	34.43%	32	52.46%	8	13.11%	61
19	1115-b	TFC	CAT	40	35.40%	54	47.79%	19	16.81%	113
20	1031	TFC	CAT	9	17.65%	12	23.53%	30	58.82%	51
91	1004E	MND	LAN	8	38.10%	7	33.33%	6	28.57%	21
106	27300	LSS	LAN	3	30.00%	7	70.00%	0	0.00%	10
111	50053	LSS	LAN	2	13.33%	8	53.33%	5	33.33%	15
TOTAL				390	34.39%	453	39.95%	291	25.66%	1134

Tabla 3.40: Porcentajes de las lentejas de cada muestra en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Gráficamente se aprecian las diferencias marcadas anteriormente entre las muestras de Font de la Canya, con un grupo de muestras a la derecha del clúster 3 (figura 3.57), evidenciando sus formas más alargadas, mientras que otro grupo se encuentra a la izquierda de los clústeres 2 y 3, evidenciando sus formas ventrales más redondeadas, por último, existe un grupo intermedio más disperso, donde también se encuentran las muestras de los otros yacimientos, salvo la UE 27300 de Lattes.

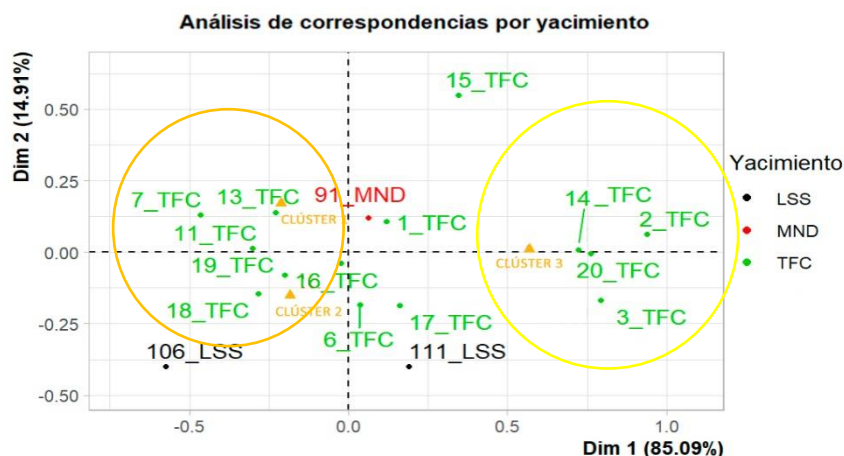


Figura 3.57: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con lentejas por yacimientos según los clústeres de forma. Las circunferencias reflejan a las muestras del mismo yacimiento con formas muy diferentes entre ellas

3.5.2.2.1 Tamaño:

Se han establecido tres grupos según el tamaño de las lentejas ya que la mayoría de los índices aplicados sobre los datos de análisis de conglomerados jerárquico señalaban este número como el más idóneo respecto a los datos. En el grupo más grande el rango de la longitud es de 3,00 - 3,57 - 4,27mm, en la anchura es de 1,70 - 2,25 - 3,07mm y en el grosor de 2,69 - 3,32 - 4,01mm (tabla 3.41). El grupo de tamaño intermedio tiene un rango de longitud de 2,57 - 3,09 - 3,75mm, un rango en la anchura de 1,25 - 1,84 - 2,27 y finalmente un rango de grosor de 2,42 - 2,86 - 3,59. El grupo donde se distribuyeron las lentejas más pequeñas tiene un rango en su longitud de 1,77 - 2,56 - 3,09, un rango de anchura de 0,91 - 1,47 - 1,85 y un rango de grosor de 1,50 - 2,33 - 2,82.

Clúster	Longitud			Anchura			Grosor		
	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.
1	3,00	3,57	4,27	1,70	2,25	3,07	2,69	3,32	4,01
2	2,57	3,09	3,75	1,25	1,84	2,27	2,42	2,86	3,59
3	1,77	2,56	3,09	0,91	1,47	1,85	1,50	2,33	2,82

Tabla 3.41. Valores mínimo medio y máximo de las diferentes variables de tamaño de las lentejas según los clústeres establecidos

El análisis de correspondencias entre las semillas de lentejas agrupadas por muestra arqueológica y los 3 tipos de tamaño obtenidos en el análisis de clústeres ha obtenido un valor de chi cuadrado de $6,45 \times 10^{-97}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre variables.

Como ya hemos visto la mayoría de lentejas proceden de Cataluña, aunque en Languedoc hay un número relativamente alto, pudiendo comparar ambas regiones. A pesar de que hay pocas diferencias entre ambas regiones, se observa un cierto mayor tamaño en las lentejas francesas, con un 44,6% de sus individuos en el grupo más grande frente al 40,4 de las catalanas (tabla 3.42). En el grupo intermedio tienen valores prácticamente idénticos con un 43,6% para las procedentes de Cataluña y un 44,6% para las de Languedoc. En el grupo más pequeño las catalanas predominan con un 16% frente al 10,8% de las francesas.

Región	Grupo						Total
	1		2		3		
AND	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
CAT	444	40.40%	479	43.59%	176	16.01%	1099
LAN	33	44.59%	33	44.59%	8	10.81%	74
VAL	3	50.00%	3	50.00%	0	0.00%	6
TOTAL	480	40.71%	515	43.68%	184	15.61%	1179

Tabla 3.42: Porcentajes de las lentejas de cada región en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En la representación bidimensional (figura 3.58), prácticamente no se aprecian diferencias regionales, estableciéndose la media de las lentejas catalanas prácticamente en el punto cero, evidenciando su gran mayoría, mientras que las de Languedoc se encuentran bastante cerca de las anteriores, aunque algo más situado en el cuadrante inferior izquierdo, no pudiéndose establecer diferencias entre ambas regiones

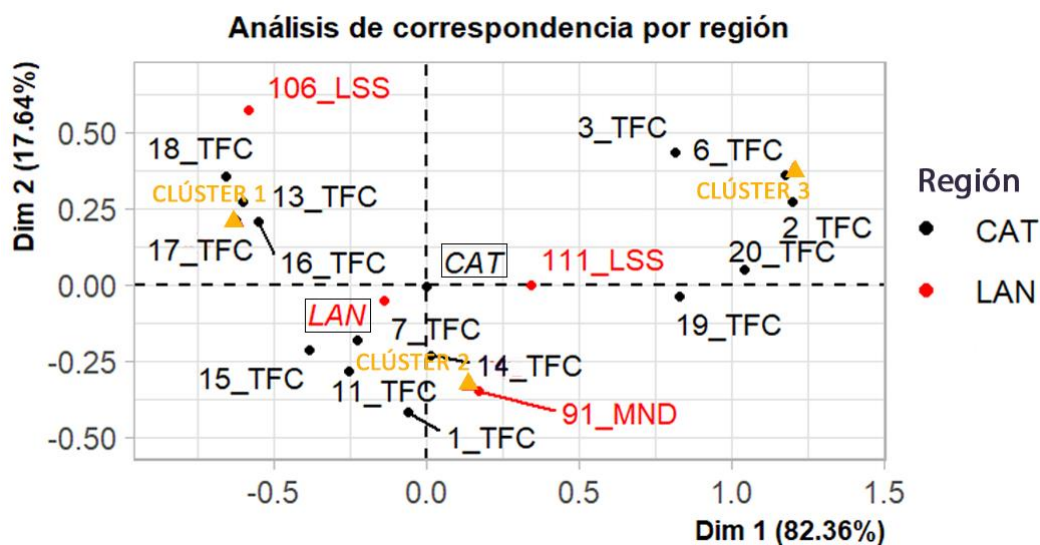


Figura 3.58: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con lentejas por regiones según los clústeres de tamaño

Solo se han podido analizar a través de la morfometría geométrica lentejas de la tercera (750-500 a.C.) y cuarta fase cronológica (500-200 a.C.) (tabla 3.43). Las más antiguas son más grandes, predominando el grupo de mayor tamaño (43,1%) y el intermedio (43,6%). Sin embargo, en las lentejas más modernas el grupo de mayor tamaño tiene un 21,4% de los individuos y el intermedio un 43,6%. A pesar de las posibles diferencias cronológicas, ya se ha observado que en el caso de Font de la Canya (yacimientos del cual proceden casi todas las lentejas) estas diferencias se dan por causas independientes de la cronología (Tarongi et al., 2021).

Cronología	Grupo						Total
	1		2		3		
2200-1300	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
1300-750	1	33.33%	2	66.67%	0	0.00%	3
750-500	443	42.19%	454	43.24%	153	14.57%	1050
500-200	36	28.57%	59	46.83%	31	24.60%	126
TOTAL	480	40.71%	515	43.68%	184	15.61%	1179

Tabla 3.43: Porcentajes de las lentejas de cada fase cronológica en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En la representación espacial bidimensional (figura 5.59), se aprecia cierta tendencia de las lentejas de la cuarta fase cronológica a tener menor tamaño acercándose más al clúster

3, pero se observa que este hecho se debe a la influencia de una muestra, ya que el resto se encuentran dispersas por el resto de la gráfica, no existiendo realmente una relación clara entre el tamaño y la cronología.

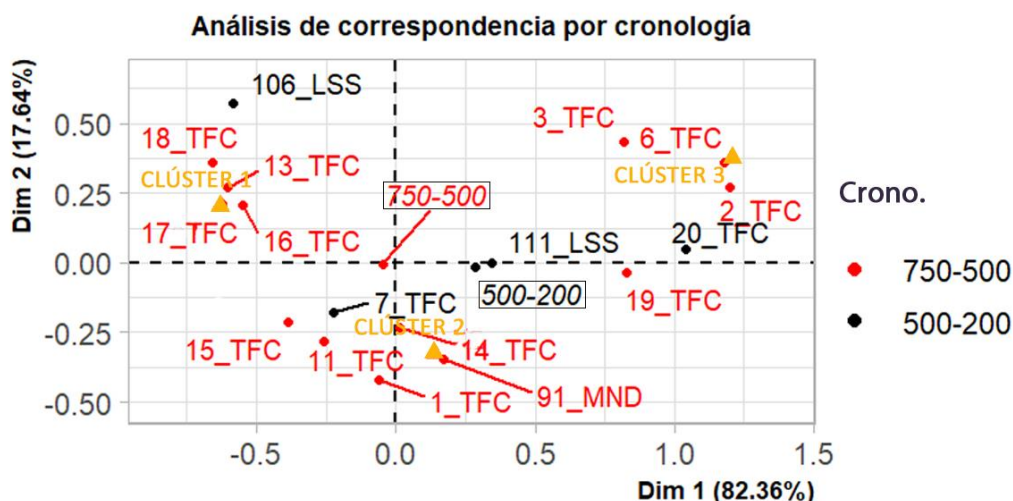


Figura 5.59: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con lentejas por cronología según los clústeres de tamaño

Si analizamos los tres yacimientos con más de 20 lentejas, Lattes tiene los individuos de mayor tamaño, con una distribución del 52,9% de sus individuos en el grupo más grande, más o menos similares a la fase más antigua de Font de la Canya (43,5%), a continuación se encuentra La Monédière, con un 26% de sus lentejas en el grupo más grande, mientras que la fase más moderna de Font de la Canya no tiene semillas en este grupo, como se puede observar las lentejas de Lattara y la primera fase de Font de la Canya son bastante similares, mientras que las de La Monédière son algo más pequeñas y finalmente la fase moderna de TFC tiene lentejas mucho más pequeñas (tabla 3.44).

Yac.	Crono.	Región	Grupo						
			1	2	3	Total			
MND	750-500	LAN	6	26.09%	14	60.87%	3	13.04%	23
LSS	500-200	LAN	27	52.94%	19	37.25%	5	9.80%	51
TFC	750-500	CAT	436	42.79%	149	14.62%	434	42.59%	1019
TFC	500-200	CAT	39	52.70%	26	35.14%	9	12.16%	74
TOTAL			508	43.53%	208	17.82%	451	38.65%	1167

Tabla 3.44: Porcentajes de las lentejas de cada yacimiento en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

Si se comparan las 12 muestras de Font de la Canya con más de 15 individuos se aprecian diferencias muy marcadas entre unas y otras, hecho que ya se reflejó en una reciente publicación (Tarongi et al., 2021). Entre las que tienen lentejas más pequeñas destacan las UEs 1030 y 1115, con un 58,3 y 59,5% en el grupo más pequeño y un 0 y un 3,4% en el más grandes respectivamente. También en este grupo, pero con valores algo más bajos en el grupo de las lentejas más pequeñas se encuentran las UEs 1115-B, la 1031 y la 1054 con valores de 40,7; 49 y 50% respectivamente. De nuevo sus lentejas en el grupo más grande es mínimo, con solo un 6,2 y un 0% en las dos primeras y algo más elevado (20%) en la 1054 (tabla 3.45). El resto de muestras presentan valores por debajo del 6% en el grupo de las lentejas más pequeñas, salvo la UE 1140, con un porcentaje del 11,9% en este grupo, teniendo valores más intermedios, pero estando más cerca de las muestras con lentejas grandes, ya que su porcentaje dentro del primer grupo es del 33,3%. Siguiendo a esta UE, se encuentra la 1055, con un porcentaje de lentejas en el grupo de mayor tamaño algo menor que el caso anterior (31,1%) aunque su mayor distribución en el grupo intermedio hace que sean algo más grandes, pero siempre muy similares a 1140. Con un mayor tamaño hay un grupo de 3 muestras (1110, 1201, 1215b-2) con porcentajes muy similares, rondando entre el 43 y el 50% de sus semillas en el grupo más grande mientras que sus porcentajes de lentejas pequeñas son prácticamente inexistentes (0-5%). Por último, las muestras con lentejas más grandes son las UEs 1059, 1215b-3, 1215b-4 y 1215, con porcentajes de semillas en el grupo más grande entre un 68 y un 77%. Para confirmar estos datos teniendo en cuenta las diferencias ya observadas en la publicación citada, se decidió realizar también un análisis de conglomerados no jerárquico con 2 grupos, obteniendo resultados muy similares a los ya descritos con 3 grupos. Por lo tanto, en general en Font de la Canya hay 5 muestras con semillas pequeñas y 4 con semillas grandes, a las cuales hay que añadir la UE 27300 de Lattes. El resto pertenece a un grupo intermedio más heterogéneo, con 2 muestras con lentejas algo más pequeñas (1140 y 1055), otro subgrupo con individuos intermedios (1110, 1201, 1215b-2). Curiosamente las dos únicas muestras que tienen más de 15 lentejas de otros yacimientos (la UE 10802-9098 de Le Monédière y la 50053 de Lattes) tienen una distribución intermedia entre los dos grupos principales de Font de la Canya, aunque esto puede estar causado por los pocos individuos que hay en estas dos muestras (21 y 15 lentejas respectivamente).

M. tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo						
				1		2		3		Total
1	1055-5	TFC	CAT	59	31.05%	120	63.16%	11	5.79%	190
2	1030	TFC	CAT	0	0.00%	10	41.67%	14	58.33%	24
3	1054	TFC	CAT	2	20.00%	3	30.00%	5	50.00%	10
6	1115	TFC	CAT	3	3.37%	33	37.08%	53	59.55%	89
7	1110	TFC	CAT	8	44.44%	9	50.00%	1	5.56%	18
11	1201	TFC	CAT	68	42.77%	87	54.72%	4	2.52%	159
13	1059	TFC	CAT	136	72.34%	46	24.47%	6	3.19%	188
14	1140	TFC	CAT	14	33.33%	23	54.76%	5	11.90%	42
15	1215b-2	TFC	CAT	6	50.00%	6	50.00%	0	0.00%	12
16	1215b-3	TFC	CAT	39	68.42%	16	28.07%	2	3.51%	57
17	1215b-4	TFC	CAT	53	71.62%	20	27.03%	1	1.35%	74
18	1215	TFC	CAT	47	77.05%	12	19.67%	2	3.28%	61
19	1115-b	TFC	CAT	7	6.19%	60	53.10%	46	40.71%	113
20	1031	TFC	CAT	0	0.00%	26	50.98%	25	49.02%	51
91	1004E	MND	LAN	5	23.81%	13	61.90%	3	14.29%	21
106	27300	LSS	LAN	8	80.00%	1	10.00%	1	10.00%	10
111	50053	LSS	LAN	4	26.67%	7	46.67%	4	26.67%	15
TOTAL				459	40.48%	492	43.39%	183	16.14%	1134

Tabla 3.45: Porcentajes de las lentejas de cada muestra en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En la representación gráfica (figura 3.60) se visualizan las diferencias marcadas entre los tres grupos, con las muestras con lentejas más grandes en el cuadrante izquierdo superior, cerca del clúster 1, las intermedias se encuentran en ambos cuadrantes inferiores, cerca del clúster 2 (el de tamaño intermedio) mientras que las lentejas con las muestras más pequeñas se encuentran en la parte derecha superior, cercanas al clúster de menor tamaño, el 3.

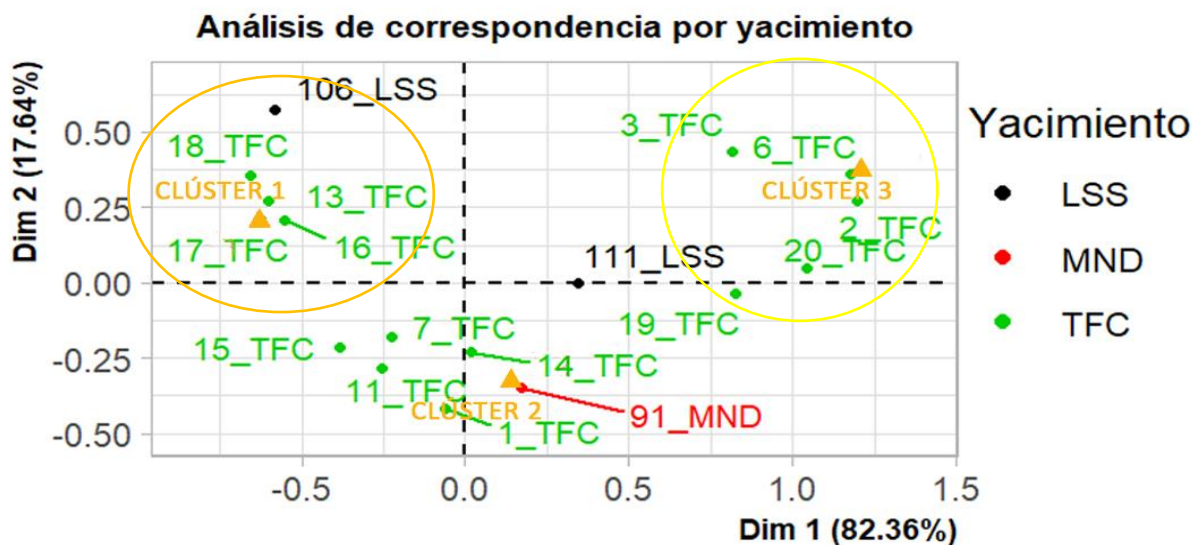


Figura 3.60: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con lentejas por yacimientos según los clústeres de tamaño. En las circunferencias se señalan los grupos de muestras con los tipos de lentejas descritos en el texto

3.5.2.2.3 Tamaño y forma

Como en la especie anterior, se ha realizado un análisis de χ^2 , obteniendo un valor de P de $2.079 \cdot 10^{-12}$, existiendo relación entre ambos tipos de clústeres. El test de correlación de Spearman ha obtenido un coeficiente de relación de -0,1 y un valor de p de 0,00064. En este caso el valor de P rechaza la hipótesis nula, aceptando la alternativa, existiendo diferencias estadísticas significativas, por lo que existe algún tipo de correlación. Sin embargo, el coeficiente de correlación es muy bajo como para poder establecer una relación relevante ya que su valor nos indica que únicamente el 10% de los casos están relacionados, por lo que, a pesar de existir cierta correlación, su nivel de significación es muy bajo.

Se ha realizado unas tablas de contingencia como en el caso de las almortas entre los clústeres de forma y los de tamaño (tabla 3.46). En este caso el grupo de forma 3 (el que más se diferenciaba del resto) tiene un tamaño menor que el resto, como se aprecia en la tabla 33, en el grupo de lentejas grandes solo se agruparon al 24% de sus lentejas frente al 45 y 47% de los otros dos grupos. En el grupo intermedio los valores son bastante semejantes entre los tres grupos, aunque ligeramente más altos para el grupo 3. Por último, el porcentaje de lentejas pequeñas en el grupo 3 es significativamente mayor respecto a los otros dos grupos, con un 265 frente a un 10 y 13%. Estos datos nos confirman cierta relación entre la forma del grupo 3 y tamaños de lentejas más pequeños, pero al ser solo en uno de los 3 clústeres, al análisis de correlación de Spearman casi no

lo detecta. La relación entre la forma 3 (más alargada en su cara ventral) y las lentejas más pequeñas es mayor que la observada en las almortas.

Clústeres forma	Clústeres de tamaño						
	1		2		3		Total
1	183	45.52%	176	43.78%	43	10.70%	402
2	225	47.07%	190	39.75%	63	13.18%	478
3	72	24.08%	149	49.83%	78	26.09%	299
TOTAL	480	40.71%	515	43.68%	184	15.61%	1179

Tabla 3.46: Tabla de contingencia entre los clústeres de forma (en las filas) y los clústeres de tamaño (columnas) ordenados de mayor a menor

3.5.2.2.4 Comparación mediante las lentejas actuales

Como un estudio preliminar, se han realizado dos análisis lineales discriminantes para crear dos modelos en los cuales solo se utilicen los datos de las semillas actuales carbonizadas de las lentejas macroespérmicas y microespérmicas, creando un modelo con las variables de tamaño y otro con las de forma. Estos modelos se han utilizado sobre las lentejas arqueológicas para comprobar si sus tamaños o formas se asemejan a las dos variedades actuales empleadas en la experimentación anterior. Esta idea nace por los resultados obtenidos en el análisis de las leguminosas de Font de la Canya, publicado recientemente (Tarongi et al., 2021).

En el modelo de tamaño todas las lentejas arqueológicas se identificaron en el grupo de las microespérmicas, hecho esperable ya que sus tamaños son menores, incluso a los de las lentejas actuales microespérmicas carbonizadas. Las lentejas arqueológicas de mayor tamaño se asemejan a las tratadas a altas temperaturas, mientras que el grupo intermedio y pequeño son menores que las actuales carbonizadas a 400-420°. El buen estado de conservación de las lentejas arqueológicas no parece indicar que se hayan sometido a temperaturas tan altas, ya que las semillas actuales que fueron expuestas a esos factores se encuentran peor conservadas que las arqueológicas. Estos datos podrían indicar que las variedades de las lentejas arqueológicas fuesen algo menores que la variedad que se utilizó en esta experimentación.

El modelo que aplicó las formas de las dos variedades actuales como muestra de adiestramiento sobre las formas de las semillas arqueológicas identificó al 93,1% como microespérmicas y al 6,9% como macroespérmicas (tabla 3.47). La diferencia entre ambas variedades se encuentra en la cara ventral, teniendo la segunda una forma más alargada que la anterior, es decir, es más plana.

M. tesis	Muestra	Yac.	Region	Variedad				
				<i>Lculm</i>		<i>LculM</i>		Totales
1	1055-5	TFC	CAT	168	88.42%	22	11.58%	190
2	1030	TFC	CAT	21	87.50%	3	12.50%	24
3	1054	TFC	CAT	10	100.00%	0	0.00%	10
6	1115	TFC	CAT	83	93.26%	6	6.74%	89
7	1110	TFC	CAT	16	88.89%	2	11.11%	18
11	1201	TFC	CAT	155	97.48%	4	2.52%	159
13	1059	TFC	CAT	181	96.28%	7	3.72%	188
14	1140	TFC	CAT	36	85.71%	6	14.29%	42
15	1215b-2	TFC	CAT	11	91.67%	1	8.33%	12
16	1215b-3	TFC	CAT	52	91.23%	5	8.77%	57
17	1215b-4	TFC	CAT	68	91.89%	6	8.11%	74
18	1215	TFC	CAT	58	95.08%	3	4.92%	61
19	1115-b	TFC	CAT	112	99.12%	1	0.88%	113
20	1031	TFC	CAT	40	78.43%	11	21.57%	51
91	1004E	BES	LAN	21	100.00%	0	0.00%	21
106	27300	LSS	LAN	10	100.00%	0	0.00%	10
111	50053	LSS	LAN	12	80.00%	3	20.00%	15
TOTAL				1054	92.95%	80	7.05%	1134

Tabla 3.47: Porcentajes de las lentejas de cada muestra clasificada en cada variedad actual por su forma

Al pertenecer casi todas las lentejas estudiadas al yacimiento de Font de la Canya, únicamente se ha analizado la distribución de estas variedades entre las muestras de este yacimiento. 5 muestras tienen un porcentaje relativamente más alto que la media general del 6,9%, destacando la UE 1031, con un 21,6% de lentejas identificadas con la forma macroespérmica, curiosamente esta UE es una de las que tiene las semillas más pequeñas con prácticamente el 50% de sus semillas en el clúster de tamaño más pequeño. La siguiente muestra con un mayor porcentaje de formas similares a las macroespérmicas es la 1140 con un 14,3%, sin embargo, las semillas de esta UE se encuentran dispersas en los grupos de tamaño intermedio y grande, con bastante diferencia a la 1031. La muestra 1030 tiene un 12,5% de sus lentejas identificadas con la forma macroespérmica, sin embargo, los tamaños de sus semillas son pequeños, bastante similares a 1031. Por último, las muestras 1055-5 y 1110 tienen un 11,6 y un 11,1% de sus individuos en el grupo macroespérmico, mientras que sus tamaños son bastantes grandes, estando repartidos entre el grupo de mayor tamaño e intermedio. El porcentaje de lentejas con formas similares a las macroespérmicas en el resto de muestras son entorno o inferiores a la media.

En general en el caso de las lentejas se aprecian fuertes diferencias tanto en la forma como en el tamaño, no estando producidas, al parecer, por diferencias regionales o cronológicas, ya que estas diferencias se ven en muestras del mismo yacimiento y de la misma cronología. Existe cierta relación entre las muestras con formas más alargadas y las muestras de menor tamaño, hecho que se aprecia tanto en la correlación de Sperman como al comparar las muestras individualmente. Si observamos los gráficos por yacimiento de forma y tamaño, se aprecia como 3 de las 4 muestras con formas más alargadas se encuentran entre las 5 muestras de menor tamaño. La muestra restante de forma alargada (UE 1040 o muestra 14 de la tesis) tiene un tamaño intermedio-pequeño. Las dos muestras de tamaño pequeño que no presentan formas alargadas (las UEs 1115 y 1115-b, correspondientes a las muestras de la tesis 6 y 19) tienen formas intermedias entre redondeadas y alargadas. Por último, se aprecia una tendencia en la cual las muestras más alargadas tienen más semejanzas con las variedades macroespérmicas actuales, aunque curiosamente su tamaño sea menor que el que presentan las formas redondeadas, este hecho puede explicarse al tener esta variedad actual una forma más alargada que las microespérmicas, explicándose esta curiosa semejanza. Este resultado demuestra que las variedades actuales utilizadas no se corresponden con las arqueológicas, por lo que incluir un gran número de variedades podría mejorar estos resultados, abriendo esta investigación a posibles trabajos futuros más ambiciosos visto el buen resultado de este tipo de comparaciones y análisis.

3.5.2.3 Guisantes (*Pisum sativum*)

3.5.2.3.1 Forma

Los índices analizados para establecer el número de grupos más idóneo para los datos de las formas han establecido 2 clústeres para este modelo. Las formas de las vistas ventrales de los dos modelos son muy semejantes, sin embargo, las vistas laterales son diferentes entre ellas, teniendo el grupo 1 formas más redondeadas, mientras que el grupo 2 tiene el eje longitudinal más alargado (figura 3.61). Al tener solo dos clústeres no se ha realizado un análisis de correspondencia en las variables de forma, utilizándose únicamente los perfiles fila y columna para su análisis.

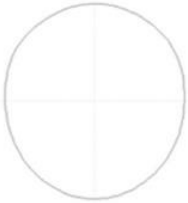
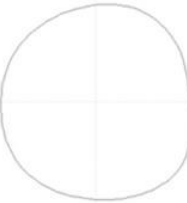
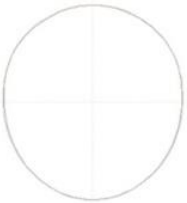
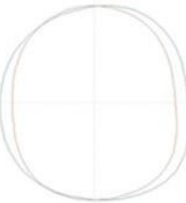
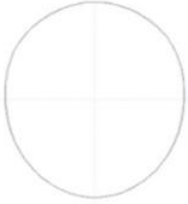
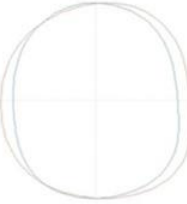
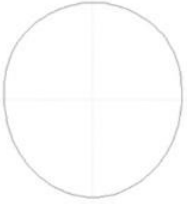
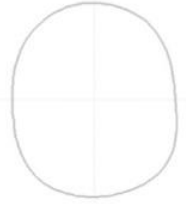
	1		2	
1				
2				
V	VV	VL	VV	VL

Figura 3.61: Siluetas de los guisantes (*Pisum sativum*) de los dos grupos obtenidos en las variables de forma a través del análisis de conglomerados no jerárquico

En total se han estudiado a través de la morfometría geométrica un total de 541 guisantes de los cuales 355 proceden de Languedoc. 139 de Andalucía, 33 e Cataluña y 14 de Valencia (tabla 3.48). Tras el análisis de conglomerados no jerárquico de 2 grupos, se observa como los porcentajes de Cataluña y Languedoc son similares entre ellos, con el 45,5 y el 39,7% de sus guisantes en el primer grupo respectivamente y el 54,5 y 60,3% en el segundo grupo. La distribución de Andalucía y Valencia es similar entre ambas regiones y a la vez diferente de las anteriores, con un 15,8 y un 7,14% de sus individuos en el primer grupo respectivamente y un 84,2 y 92,8% en el segundo, Hay que tener en cuenta que los guisantes procedentes de Cataluña y Valencia son poco numerosos pudiendo interferir en estos resultados, sin embargo es curiosa la distribución marcada entre el norte de la región geográfica general de este estudio (Languedoc y Cataluña) frente a la zona sur.

Región	Grupo				
	1		2		Total
AND	22	15.83%	117	84.17%	139
CAT	15	45.45%	18	54.55%	33
LAN	141	39.72%	214	60.28%	355
VAL	1	7.14%	13	92.86%	14
TOTAL	179	33.09%	362	66.91%	541

Tabla 3.48: Porcentajes de los guisantes de cada región en los dos grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Los guisantes tienen una cronología bastante completa comparadas con las especies anteriores, encontrando individuos desde el 2200 a.C. hasta el 200 a.C. (tabla 3.49). En la primera fase (2200-1300 a.C.) predomina claramente el grupo dos con un 85% sobre el grupo 1, este hecho continúa menos marcado en la segunda (1300-750 a.C.) y tercera (750-500 a.C.) fase cronológica, con un porcentaje en el grupo 2 entorno al 72% en ambas fases. En la cuarta fase cronológica (500-200 a.C.) ambos grupos se encuentran muy igualados, aunque predomina ligeramente el grupo 1 (53,4%). Por lo tanto, existe una tendencia hacia formas más del tipo 1 en cronologías más modernas, en torno a la segunda Edad del Hierro.

Crono.	Grupo				
	1		2		Total
2200-1300 a.C.	23	15.03%	130	84.97%	153
1300-750 a.C.	36	28.57%	90	71.43%	126
750-500 a.C.	3	27.27%	8	72.73%	11
500-200 a.C.	117	46.61%	134	53.39%	251
TOTAL	179	33.09%	362	66.91%	541

Tabla 3.49: Porcentajes de los guisantes de cada fase cronológica en los dos grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Los yacimientos con más de 10 guisantes se han comparado entre ellos, observando que La Mola es el que más porcentaje de sus individuos tiene en el grupo 2, con la totalidad de ellos, aunque hay que señalar que únicamente hay 13 semillas (tabla 3.50). A continuación, los dos yacimientos andaluces tienen un 85,7% de los guisantes en este

grupo en el caso del Cerro del Alcázar y de un 83,8% en las Eras del Alcázar. En un punto intermedio se encuentra Baume Layrou con un 71,4% de sus individuos en el grupo 2, por último, los yacimientos con menor porcentaje de guisantes en este grupo son Lattes con un 54,4% y Ampurias con un 47,4%. De nuevo se aprecia una pauta regional en la presencia de los dos grupos de forma, aunque el hecho de que los yacimientos andaluces y valencianos sean los más antiguos, Baume Layrou ocupe una cronología intermedia (1300-750 a.C.) y Lattes y Ampurias sean los más modernos también puede evidenciar un cambio en la forma a través del tiempo y no la región.

Yac.	Crono.	Región	Grupo				
			1	2	Total		
BLA	1300-750	LAN	36	28.57%	90	71.43%	126
CER	2200-1300	AND	4	14.29%	24	85.71%	28
EMP	500-200	CAT	10	52.63%	9	47.37%	19
ERA	2200-1300	AND	18	16.22%	93	83.78%	111
LSS	500-200	LAN	104	45.61%	124	54.39%	228
MOL	2200-1300	VAL	0	0.00%	13	100.00%	13
SJM	750-500	CAT	2	20.00%	8	80.00%	10
TOTAL			174	32.52%	361	67.48%	535

Tabla 3.50: Porcentajes de los guisantes de cada yacimiento en los dos grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Cuando se comparan las muestras con más de 10 individuos entre ellas, se aprecia como todas son muy homogéneas comparadas con las muestras de un mismo yacimiento, por lo que el resultado es el mismo que en el apartado anterior (tabla 3.51). Únicamente cabe destacar que la muestra 10-C2 de Baume Layrou, tiene un porcentaje de semillas en el grupo 2 (80%) algo superior al de las muestras 8068 de Eras del Alcázar, siendo la única muestra que cambia el orden ya descrito en la comparación entre yacimientos. En general las muestras andaluzas tienen más de un 80% de los guisantes en el grupo 2 (salvo la 8068 de Eras del Alcázar), mientras que en una posición intermedia (entre el 80 y el 60% de los individuos en el grupo 2) se encuentra Baume Layrou y la muestra 8068 de Eras. El tercer grupo lo componen las semillas de Lattes y Ampurias con porcentajes en el grupo dos de entre el 50 y el 60%. Estas diferencias podrían indicar una evolución cronológica de las semillas de guisantes, ya que en Languedoc se encuentran diferencias entre los dos yacimientos con diferentes cronologías.

M. tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo				
				1		2		Total
8	45-3359	CER	AND	3	12.00%	22	88.00%	25
10	10-E2	BLA	LAN	11	32.35%	23	67.65%	34
12	10-C2	BLA	LAN	5	20.00%	20	80.00%	25
29	6064	ERA	AND	1	4.76%	20	95.24%	21
30	6019	ERA	AND	2	7.14%	26	92.86%	28
31	8068	ERA	AND	11	26.83%	30	73.17%	41
34	8063	ERA	AND	4	19.05%	17	80.95%	21
35	10-E1	BLA	LAN	20	29.85%	47	70.15%	67
66	1631	EMP	CAT	4	40.00%	6	60.00%	10
105	53030	LSS	LAN	83	46.11%	97	53.89%	180
111	50053	LSS	LAN	7	50.00%	7	50.00%	14
112	27565	LSS	LAN	7	46.67%	8	53.33%	15
TOTAL				158	32.85%	323	67.15%	481

Tabla 3.51: Porcentajes de los guisantes de cada muestra en los dos grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

3.5.2.3.2 Tamaño

Se han establecido tres grupos según el tamaño de los guisantes ya que la mayoría de los índices aplicados sobre los datos de análisis de conglomerados jerárquico señalaban este número como el más idóneo respecto a los datos. En el grupo más grande el rango de la longitud es de 3,63 - 4,33 - 5,75mm, en la anchura es de 3,19 - 3,92 - 5,50mm y en el grosor de 2,92 - 3,78 - 5,08mm. El grupo de tamaño intermedio tiene un rango de longitud de 2,88 - 3,53 - 4,15mm, un rango en la anchura de 2,41 - 3,17 - 3,81 y finalmente un rango de grosor de 2,48 - 3,14 - 3,83 (tabla 3.52). El grupo donde se distribuyeron los guisantes más pequeños tiene un rango en su longitud de 1,67 - 2,60 - 3,15, un rango de anchura de 1,51 - 2,30 - 2,91 y un rango de grosor de 1,63 - 2,30 - 2,99.

Clúster	Longitud			Anchura			Grosor		
	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.
1	3,95	4,73	6,19	3,02	3,91	5,06	3,47	4,39	6,01
2	3,51	4,14	5,31	2,44	3,42	4,22	2,79	3,78	4,74
3	2,10	3,43	4,27	1,56	2,82	3,44	1,73	3,22	4,03

Tabla 3.52: Valores mínimo medio y máximo de las diferentes variables de tamaño de los guisantes según los clústeres establecidos

El análisis de correspondencias entre las semillas de guisantes agrupadas por muestra arqueológica y los 3 tipos de tamaño obtenidos en el análisis de clústeres ha obtenido un valor de chi cuadrado de $4,34 \times 10^{-38}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre variables.

Entre las cuatro regiones, Andalucía tiene los guisantes más grandes, con un 72,66% de sus individuos en el grupo más grande, seguido por Valencia con un 57,1%. Los guisantes de Languedoc tienen al 41,4% de las semillas de esta especie y Cataluña solo el 21,2% (tabla 3.53). En el grupo intermedio se situaron el 51% de las semillas francesas y el 45,5% de las catalanas, seguidas por el 42,9% de las valencianas y el 23% de las andaluzas. En el grupo más pequeño se situaron el 33,3% de los guisantes catalanes, el 7,6% de los procedentes de Languedoc y un 4,3% de los andaluces, no habiendo guisantes de Valencia en este grupo. En general se observa como los tamaños de los guisantes andaluces y valencianos son bastante similares entre ellos, aunque los primeros son un poco más grandes, pero se encuentran muy separados de las otras dos regiones; que a su vez son bastante semejantes entre ellas, aunque los guisantes catalanes tienen un tamaño algo menor.

Región	Grupo						Total
	1		2		3		
AND	101	72.66%	32	23.02%	6	4.32%	139
CAT	7	21.21%	15	45.45%	11	33.33%	33
LAN	147	41.41%	181	50.99%	27	7.61%	355
VAL	8	57.14%	6	42.86%	0	0.00%	14
TOTAL	263	48.61%	234	43.25%	44	8.13%	541

Tabla 3.53: Porcentajes de los guisantes de cada región en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En la gráfica bidimensional obtenida del análisis de correspondencia (figura 3.62) se observa como las muestras de Andalucía tienen tamaños mayores, situándose todas sus muestras en el cuadrante superior izquierda, junto al clúster de mayor tamaño, el 1. Las muestras de Languedoc presentan un tamaño algo menor, situándose en la parte inferior derecha con algunas excepciones, con una muestra de Baume Layrou con las andaluzas y una de Lattes con las catalanas. Por último, esta región tiene muy pocos individuos pudiendo estar su dispersión condicionada por este hecho, pero tienen los guisantes más pequeños, situándose en el cuadrante superior derecho, cerca del clúster 3, el de menor tamaño.

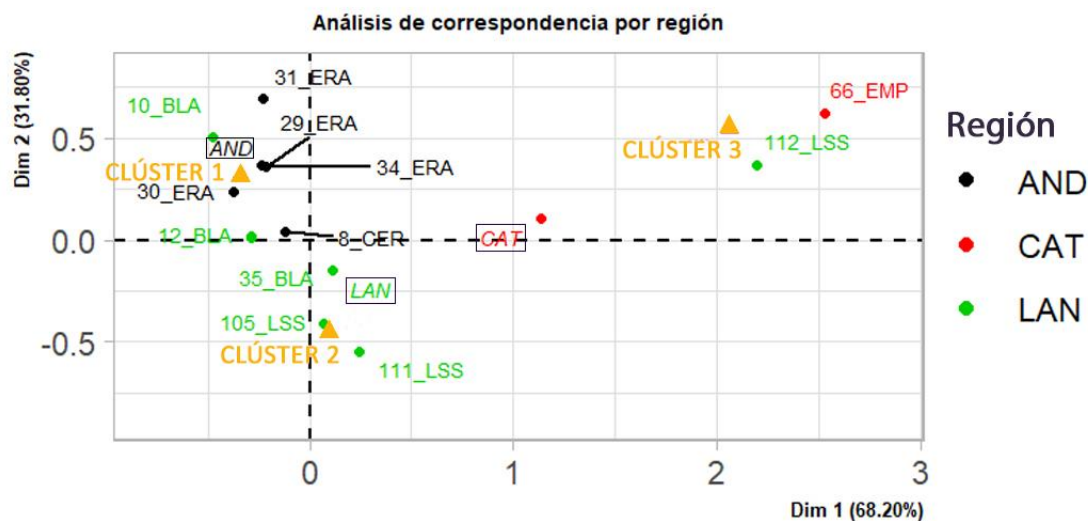


Figura 3.62: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con guisantes por región según los clústeres de tamaño

En las comparaciones cronológicas sobre los clústeres de tamaño de los guisantes, se observa como las cronologías más antiguas (2200-1300 a.C. y 1300-750 a.C.) son relativamente similares entre ellas y bastante diferentes a las dos fases más modernas (tabla 3.54); que a su vez son relativamente similares entre ellas. Las semillas más antiguas son bastante más grandes, teniendo entre el 71,9 y el 66,7% de los guisantes en el grupo grande respectivamente; mientras que las más modernas tienen más presencia en el grupo intermedio (45,4 y 59,8%) y en el pequeño (27,3 y 14%). Con estos datos se aprecia una clara diferenciación de tamaño según la cronología, sin embargo, hay que tener en cuenta que como se comentó en el apartado de forma, la distribución regional tiene mucha relación con la cronológica al ser los yacimientos del sur del área de estudio más antiguos que los del norte, salvo el caso de Baume Layrou, situado en Languedoc y con una cronología establecida en la segunda fase cronológica.

Cronología	Grupo						
	1		2		3		Total
2200-1300 a.C.	110	71.90%	37	24.18%	6	3.92%	153
1300-750 a.C.	84	66.67%	42	33.33%	0	0.00%	126
750-500 a.C.	3	27.27%	5	45.45%	3	27.27%	11
500-200 a.C.	66	26.29%	150	59.76%	35	13.94%	251
TOTAL	263	48.61%	234	43.25%	44	8.13%	541

Tabla 3.54: Porcentajes de los guisantes de cada fase cronológicas en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

Al representar gráficamente la distribución de muestras (figura 3.63), marcando las fases cronológicas se aprecia cómo la más antigua presenta los guisantes más grandes, situándose en el cuadrante superior izquierdo, cerca del clúster 1, seguidas de las muestras con guisantes en la segunda fase cronológica, situándose en el mismo cuadrante, pero con valores de y algo menores, acercándose un poco más al clúster intermedio (2). Por último, la cuarta fase cronológica se encuentra en los cuadrantes derechos, con dos muestras muy cercanas al clúster 2 y otras dos al clúster 3, el de menor tamaño. Con estos resultados parece que las diferencias observadas se deben más a la cronología que a las áreas regionales, aunque es difícil asegurar estas observaciones debido a la relación entre cronología y regiones ya observada.

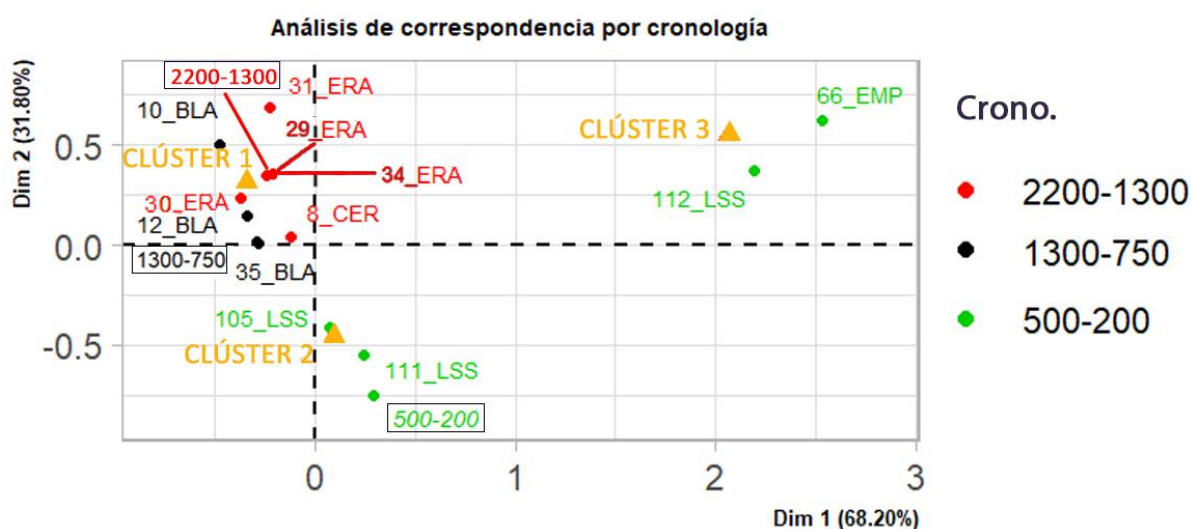


Figura 3.63: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con guisantes por cronología según los clústeres de tamaño

Entre los yacimientos con más de 10 individuos, los guisantes de las Eras del Alcázar son los más grandes, con el 76,6% de ellos en el grupo grande, seguido por Baume Layrou con el 66,7%, la Mola con el 61,5% y el Cerro del Alcázar con un 57,1% de sus individuos en este grupo (tabla 3.55). Por otro lado, se encuentra Lattes, con un 27,6% de guisantes grandes y finalmente Ampurias, con el 10,5%. En el grupo de guisantes más pequeños solo Ampurias con un 42,1% y Lattes con 11,8% tienen cifras más altas del 4,5%. Con estos datos parece que la distribución de los tamaños de los guisantes tiende más a causas cronológicas y no regionales, ya que Ampurias y Lattes son los únicos yacimientos de la cuarta fase cronológica, mientras que regionalmente vemos como Baume Layrou, yacimiento situado en Languedoc, tiene guisantes de gran tamaño, aunque su cronología es entorno al 1200 a.C.- 900 a.C. Curiosamente, estos dos yacimientos (Ampurias y Lattes) son los únicos con una fuerte influencia griega de los analizados, aunque no se disponen de datos para realizar ninguna relación clara.

Yac.	Crono.	Región	Grupo						
			1		2		3		Total
BLA	1300-750	LAN	84	66.67%	42	33.33%	0	0.00%	126
CER	2200-1300	AND	16	57.14%	11	39.29%	1	3.57%	28
EMP	500-200	CAT	2	10.53%	9	47.37%	8	42.11%	19
ERA	2200-1300	AND	85	76.58%	21	18.92%	5	4.50%	111
LSS	500-200	LAN	63	27.63%	138	60.53%	27	11.84%	228
MOL	2200-1300	VAL	8	61.54%	5	38.46%	0	0.00%	13
SJM	750-500	CAT	3	30.00%	4	40.00%	3	30.00%	10
TOTAL			261	48.79%	230	42.99%	44	8.22%	535

Tabla 3.55: Porcentajes de los guisantes de cada yacimiento en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

Cuando se comparan las muestras con más de 10 individuos se observa que todas las muestras tienen un patrón de distribución en los grupos de tamaño muy semejantes a la media del yacimiento al que pertenecen, diferenciándose de nuevo claramente las diferencias entre los ya citados yacimientos (tabla 3.56). La única muestra con un patrón un poco diferente al resto de las existentes en el mismo yacimiento es la UE 27565 de Lattes, la cual tiene guisantes algo más pequeños, asemejándose a las muestras de Ampurias.

M.tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo						
				1		2		3		Total
8	45-3359	CER	AND	14	56.00%	10	40.00%	1	4.00%	25
10	10-E2	BLA	LAN	29	85.29%	5	14.71%	0	0.00%	34
12	10-C2	BLA	LAN	15	60.00%	10	40.00%	0	0.00%	25
29	6064	ERA	AND	15	71.43%	5	23.81%	1	4.76%	21
30	6019	ERA	AND	20	71.43%	8	28.57%	0	0.00%	28
31	8068	ERA	AND	35	85.37%	3	7.32%	3	7.32%	41
34	8063	ERA	AND	15	71.43%	5	23.81%	1	4.76%	21
35	10-E1	BLA	LAN	40	59.70%	27	40.30%	0	0.00%	67
66	1631	EMP	CAT	0	0.00%	3	30.00%	7	70.00%	10
105	53030	LSS	LAN	58	32.22%	114	63.33%	8	4.44%	180
111	50053	LSS	LAN	3	21.43%	10	71.43%	1	7.14%	14
112	27565	LSS	LAN	0	0.00%	6	40.00%	9	60.00%	15
TOTAL				244	50.73%	206	42.83%	31	6.44%	481

Tabla 3.56: Porcentajes de los guisantes de cada muestra en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En la dispersión de las muestras por yacimiento (figura 3.64) se observa como más o menos continúa la distribución cronológica, con Eras del Alcázar con los guisantes más grandes, seguido por El Cerro del Alcázar y Baume Layrou. Ya con un menor tamaño se encuentran dos muestras de Lattes y por último con los guisantes más pequeños aparece una muestra de Lattes y otra de Ampurias.

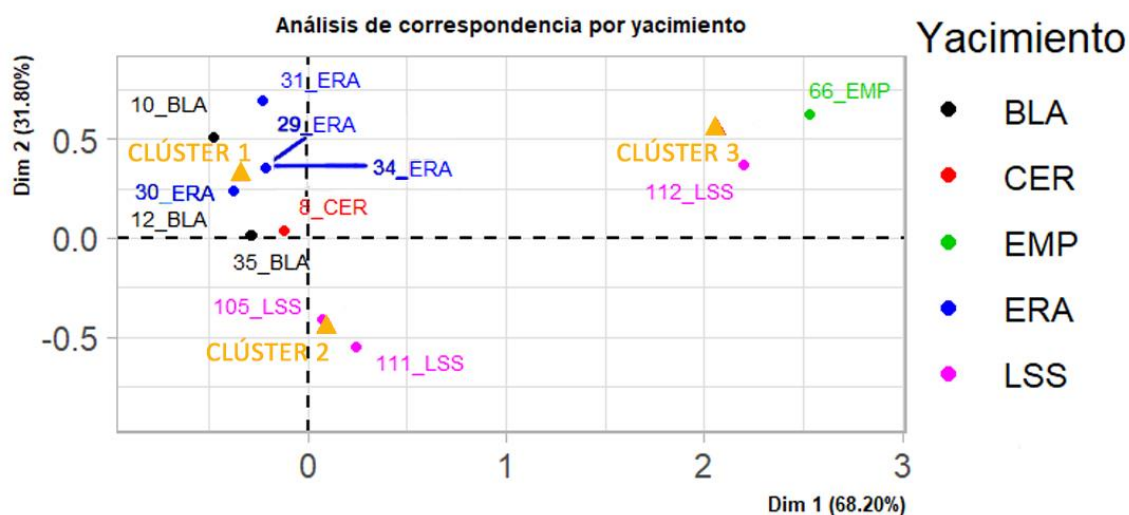


Figura 3.64: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con guisantes por yacimiento según los clústeres de tamaño

3.5.2.3.3 Tamaño y forma

Los grupos de clústeres de los dos tipos de variables están relacionados ya que el test de χ^2 tiene un valor de P de 0,0026, rechazándose la hipótesis nula. En el análisis de correlación de Spearman, el resultado del coeficiente de relación fue de -0,11 y el valor de p es de 0,0088, en este caso el valor de P rechaza la hipótesis nula, aceptando la alternativa, existiendo diferencias estadísticas significativas, por lo que existe algún tipo de correlación, sin embargo, el coeficiente de nos indica que únicamente el 11% de los casos están relacionados, por lo que a pesar de existir cierta correlación tiene un bajo nivel de significación. Para conocer cuáles son las correlaciones dentro de estas dos variables se realizó de nuevo una tabla de contingencias entre los clústeres de forma respecto a los de tamaño (tabla 3.57). Se ha observado cómo los guisantes de la forma 1 son más pequeños, con un 39,11% de sus guisantes entre los más grandes frente al 53,35% del grupo 2. En el tamaño intermedio los valores se invierten casi exactamente, teniendo la forma 1 ahora al 53,6% de sus guisantes en estas medidas, mientras que la 2 pasa al 38,1%. En el grupo de guisantes más pequeños ambas formas tuvieron valores muy similares, con un 7,2% para la forma 1 y del 8,6% para la 2, sin embargo, la mayoría de los guisantes pequeños son de la forma 2 con 31 individuos frente a 13. De nuevo estos

datos nos permiten ver cierta tendencia de tamaño en las formas de los guisantes, siendo más pequeños los de que tiene la forma 2.

Clústeres de forma	Clústeres de tamaño						
	1		2		3		Total
1	70	39.11%	96	53.63%	13	7.26%	179
2	193	53.31%	138	38.12%	31	8.56%	362
TOTAL	263	48.61%	234	43.25%	44	8.13%	541

Tabla 3.57: Tabla de contingencia entre los clústeres de forma (en las filas) y los clústeres de tamaño (columnas) ordenados de mayor a menor

En general se aprecia cómo los guisantes pequeños tienden a tener más frecuentemente la forma 2, pero no sucede a la inversa, ya que la mayoría de los guisantes de esta forma pertenecen al clúster de mayor tamaño. Este es un hecho curioso, ya que podría indicar un tipo de guisante más pequeño con una forma concreta, aunque a la vez podría existir otro tipo de guisante con la misma forma, pero de mayor tamaño

3.5.2.4 Yeros (*Vicia ervilia*)

Debido a las pocas muestras con semillas de yeros y a que en los análisis de clústeres de la forma solo se establecieron dos tipos no se ha realizado un análisis de correspondencias, utilizándose solo los perfiles fila y columna para todos los datos de esta especie.

3.5.2.4.1 Forma

Los índices analizados para establecer el número de grupos más idóneo para los datos de las formas de los yeros han establecido 2 clústeres para este modelo. Las formas de las vistas ventrales de los dos modelos son bastantes similares, aunque la forma 2 es algo más alargada en el eje transversal. Las vistas laterales son algo más diferentes entre ellas, teniendo el grupo 1 la región donde se encuentra la radícula menos inclinada que las formas del grupo 2 (figura 3.65).

	1		2	
1				
2				
V	VV	VL	VV	VL

Figura 3.65: Siluetas de los yeros (*Vicia ervilia*) de los dos grupos obtenidos en las variables de forma a través del análisis de conglomerados no jerárquico

En total se han estudiado 222 yeros a través de la morfometría geométrica, de los cuales 215 pertenecen a la región de Languedoc, 6 a Valencia y solo uno a Cataluña, por lo tanto, no se pueden realizar comparaciones realistas (tabla 3.58). La distribución de los yeros del sur de Francia se correspondo a un 49,8%% a la forma 1 y del 50,2 % a la forma 2. Los 6 yeros valencianos se han agrupado en la forma 1.

Región	Grupo				Total
	1		2		
AND	0	0.00%	0	0.00%	0
CAT	0	0.00%	1	100.00%	1
LAN	107	49.77%	108	50.23%	215
VAL	6	100.00%	0	0.00%	6
TOTAL	113	50.90%	109	49.10%	222

Tabla 3.58: Porcentajes de los yeros de cada región en dos tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Únicamente se han estudiado yeros datados en la tercera (750-500 a.C.) y cuarta (500-200 a.C.) fase cronológica (tabla 3.59). Los más antiguos se distribuyen en un 48,4% en la forma 1, mientras que los más modernos lo hacen en un 56,7%, existiendo una pequeña predominancia de cada forma en cada fase cronológica.

Crono.	Grupo				
	1		2		Total
750-500 a.C.	75	48.39%	80	51.61%	155
500-200 a.C.	38	56.72%	29	43.28%	67
TOTAL	113	50.90%	109	49.10%	222

Tabla 3.59: Porcentajes de los yeros de cada fase cronológica en los dos grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Solo dos yacimientos tienen más de 10 individuos, La Monédière con 203 y Lattes con 12, no siendo muy fiables las comparaciones por la diferencia muestral (tabla 3.60). En la fase más antigua de La Monédière el 48,4% de los yeros están en el primer grupo, mientras que en la fase más moderna es del 52,1%. En Lattes el 58,3% de los yeros se distribuyeron en el primer grupo de forma. No son diferencias muy marcadas entre las diferentes fases cronológicas, aunque hay una pequeña tendencia a que los yeros más modernos tengan formas más del grupo 1 y los de la segunda fase cronológica del grupo 2, pero de nuevo son diferencias mínimas y muy limitadas por el pequeño tamaño muestral de Lattes.

Yac.	Crono.	Región	Grupo				
			1		2		Total
LSS	500-200	LAN	7	58.33%	5	41.67%	12
MND	750-500	LAN	75	48.39%	80	51.61%	155
MND	500-200	LAN	25	52.08%	23	47.92%	48
TOTAL			107	49.77%	108	50.23%	215

Tabla 3.60: Porcentajes de los yeros de cada yacimiento en los dos grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Las tres muestras con más de 10 individuos pertenecen a La Monédière, con valores ligeramente diferente en cada una de ellas (tabla 3.61). La muestra 12116-1227, la única de la cuarta fase cronológica tiene un 53,3% de los yeros en el primer grupo, mientras que las muestras más antiguas tienen un 59,5 y un 37,7% de sus yeros en el primer grupo, por lo tanto estos datos muestran que las diferencias de forma que se veían en las comparaciones cronológicas se deben a la variabilidad propia de una misma muestra, no existiendo diferencias cronológicas, siendo la causalidad de estas diferencias la propia variabilidad de las semillas de una misma planta o por otros motivos, como el cultivo de diferentes variedades, diferentes procesos agronómicos o la variabilidad medioambiental en general.

M. tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo				
				1		2		Total
76	12116-1227	MND	LAN	24	53.33%	21	46.67%	45
89	10525-9081-UNF9	MND	LAN	47	59.49%	32	40.51%	79
91	10802-9098	MND	LAN	26	37.68%	43	62.32%	69
TOTAL				97	50.26%	96	49.74%	193

Tabla 3.61: Porcentajes de los yeros de cada muestra en los dos grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

3.5.2.4.2 Tamaño

Se han establecido tres grupos según el tamaño de los yeros según los índices aplicados sobre los datos de análisis de conglomerados jerárquico realizado sobre las variables de tamaño (tabla 3.62). En el grupo más grande, el rango de la longitud es de 2,83 - 3,22 - 4,63 mm, en la anchura es de 2,57 - 2,99 - 4,39 mm y en el grosor de 2,62 - 3,09 - 4,64 mm. El grupo de tamaño intermedio tiene un rango de longitud de 2,38 - 2,73 - 3,15 mm, un rango en la anchura de 2,19 - 2,52 - 2,84 y finalmente un rango de grosor de 2,16 - 2,61 - 3,02. El grupo donde se distribuyeron los guisantes más pequeños tiene un rango en su longitud de 1,68 - 2,19 - 2,48, un rango de anchura de 1,49 - 2,06 - 2,32 y un rango de grosor de 1,64 - 2,13 - 2,44.

Clúster	Longitud			Anchura			Grosor		
	Mín.	Media	Max.	Mín.	Media	Max.	Mín.	Media	Max.
1	2,83	3,22	4,63	2,57	2,99	4,39	2,62	3,09	4,64
2	2,38	2,73	3,15	2,19	2,52	2,84	2,16	2,61	3,02
3	1,68	2,19	2,48	1,49	2,06	2,32	1,64	2,13	2,44

Tabla 3.62: Valores mínimo medio y máximo de las diferentes variables de tamaño de los yeros según los clústeres establecidos

Como casi todas las semillas proceden de Languedoc, es difícil realizar comparaciones entre regiones, agrupándose los yeros de esta región en un 39,1% en el grupo más grande (tabla 3.63). Un 47,4% en el intermedio y un 13,5% en el más pequeño. Los yeros de Valencia están casi todos en el grupo de mayor tamaño.

Región	Grupo						
	1		2		3		Total
AND	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
CAT	0	0.00%	1	100.00%	0	0.00%	1
LAN	84	39.07%	102	47.44%	29	13.49%	215
VAL	5	83.33%	1	16.67%	0	0.00%	6
TOTAL	89	40.09%	104	46.85%	29	13.06%	222

Tabla 3.63: Porcentajes de los yeros de cada región en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

La comparación cronológica entre la fase 3 y 4 es relativamente similar entre ellas, especialmente en el grupo de los yeros de mayor tamaño, con un 41,8% para la cronología más moderna y un 39,3% en la antigua (tabla 3.64). Esta última cronología tiene un 45,2% de sus yeros en el grupo intermedio frente al 50,7% de la fase más moderna. Finalmente, en el grupo de los yeros de menor tamaño se han distribuido el 7,5% de los individuos más modernos y el 15,5% de los más antiguos. Con estos datos no se puede apreciar tendencias cronológicas en el tamaño de los yeros.

Crono.	Grupo						
	1		2		3		Total
750-500 a.C.	61	39.35%	70	45.16%	24	15.48%	155
500-200 a.C.	28	41.79%	34	50.75%	5	7.46%	67
TOTAL	89	40.09%	104	46.85%	29	13.06%	222

Tabla 3.64: Porcentajes de los yeros de cada fase cronológica en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

Las semillas de esta especie procedentes del yacimiento de Lattes son más grande que las de La Monédière, con un 66,7% frente al 39,4% de la fase más antigua de este segundo yacimiento y un 31,2% de la fase más moderna (tabla 3.65). En el grupo de menor tamaño los valores son del 0% en Lattes, del 15,5% en la fase antigua de La Monédière y del

10,4% en la moderna. Esta comparación muestra semillas más grandes en el primer yacimiento, sin embargo, su escaso número de yeros (12) puede alterar estos resultados. Las dos fases de La Monédière difieren ligeramente en su distribución por tamaños, pero no hay diferencias marcadas.

Yac.	Crono.	Región	Grupo						
			1		2		3		Total
LSS	500-200	LAN	8	66.67%	4	33.33%	0	0.00%	12
MND	750-500	LAN	61	39.35%	70	45.16%	24	15.48%	155
MND	500-200	LAN	15	31.25%	28	58.33%	5	10.42%	48
TOTAL			84	39.07%	102	47.44%	29	13.49%	215

Tabla 3.65: Porcentajes de los yeros de cada yacimiento en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

Por último, al comparar las tres muestras de La Monédière entre ellas muestran resultados muy diferentes, con la UE 10802-9098 con yeros bastantes grandes (68,1% en el grupo de mayor tamaño) frente a la UE 10525-9081-UNF9, con solo un 13,9% de sus yeros en el grupo de mayor tamaño (tabla 3.66). Cerca de esta última se encuentra la muestra 12116-1227 con un 28,9% de los yeros en el grupo más grande. Estos datos podrían reflejar la presencia de diferentes variedades debido a sus diferencias de tamaño, aunque parece que sus formas no varían mucho entre las diferentes UEs, por lo que puede deberse a variables medioambientales o incluso tafonómicas, como se ha observado en la carbonización de semillas después de haber estado embebidas en agua.

M. tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo						
				1		2		3		Total
76	12116-1227	MND	LAN	13	28.89%	27	60.00%	5	11.11%	45
89	10525-9081-UNF9	MND	LAN	11	13.92%	45	56.96%	23	29.11%	79
91	10802-9098	MND	LAN	47	68.12%	21	30.43%	1	1.45%	69
TOTAL				71	36.79%	93	48.19%	29	15.03%	193

Tabla 3.66: Porcentajes de los yeros de cada muestra en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

3.5.2.4.3 Tamaño y forma

Los grupos de clústeres de tamaño y forma de yeros son independientes entre ellos, ya que el valor de P del análisis de χ^2 es de 0,756, no existiendo relación entre ellos. En el análisis de correlación de Spearman, el resultado del coeficiente de relación fue de 0,043 y el valor de p fue de 0,52, en este caso se acepta la hipótesis nula, no existiendo diferencias estadísticas significativas, por lo que no existe prácticamente correlación,

confirmando el dato aportado por el coeficiente de correlación el cual solo estima en un el 4,3% la relación entre los grupos de forma y tamaño. Para evitar que existiese alguna mínima diferencia que no se viese en este análisis se realizó una tabla de contingencias entre los clústeres (tabla 3.67), observándose como los datos anteriores se confirman al tener ambas formas la misma distribución en los grupos de tamaño con porcentajes casi idénticos, variando solo en un 2 o 3%.

Clústeres de forma	Clústeres de tamaño						
	1		2		3		Total
1	47	41.59%	53	46.90%	13	11.50%	113
2	42	38.53%	51	46.79%	16	14.68%	109
TOTAL	89	40.09%	104	46.85%	29	13.06%	222

Tabla 3.67: Tabla de contingencia entre los clústeres de forma (en las filas) y los clústeres de tamaño (columnas) ordenados de mayor a menor

En general en los yeros no se aprecia relaciones regionales ni cronológicas en las diferencias de forma y tamaño, tampoco existe ningún tipo de relación entre los dos tipos de clústeres al cruzar los datos entre ellos, es este caso podría explicarse la variabilidad observada como la existente entre las semillas de una misma variedad, generada por la posición dentro del fruto y a la propia variabilidad interna de una variedad.

3.5.2.5 Habas (Vicia faba)

3.5.2.5.1 Forma

Los índices analizados para establecer el número de grupos más idóneo para los datos de las formas han establecido 3 clústeres para las habas. Es prácticamente la única especie en la cual los 3 grupos en ambas vistas presentan diferencias apreciables. Las formas de las vistas ventrales van desde formas más alargadas en el eje longitudinal (forma 3) a formas más redondeadas y con un eje transversal más similar al longitudinal (forma 2) con la forma 1 en un punto intermedio entre las otras dos. En la cara lateral sucede prácticamente lo mismo en los mismos grupos de forma, por lo tanto, las habas agrupadas en el tipo 3 son más alargadas, las del grupo 1 tienen una forma intermedia y finalmente las de 2 son más redondeadas (figura 3.66).

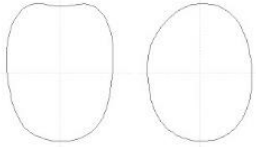
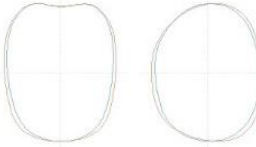
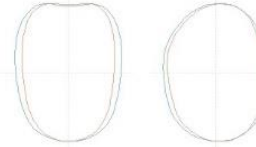
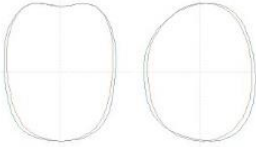
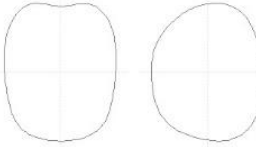
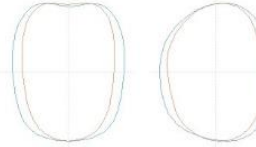


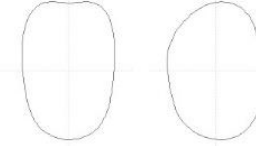
	1	2	3
1			
2			
3			
V	VV VL	VV VL	VV VL

Figura 3.66: Siluetas de las habas (*Vicia faba*) de los tres grupos obtenidos en las variables de forma a través del análisis de conglomerados no jerárquico

El análisis de correspondencias entre las semillas de habas agrupadas por muestra arqueológica y los 3 tipos de formas obtenidos en el análisis de clústeres ha obtenido un valor de chi cuadrado de $8,96 \times 10^{-39}$, por lo que es menor al valor de significancia, es decir que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre variables, existiendo relación entre ambas.

Las habas están bien representadas en las cuatro áreas de estudio, pudiéndose comparar estas regiones sin problemas por el tamaño muestral. Existe una tendencia en la cual las habas de las regiones del norte (Cataluña y Languedoc) son más redondeadas al tener más individuos en el grupo dos (38,8 y 28,7% respectivamente) mientras que las habas valencianas y andaluzas tienen formas más alargadas, con el 55,6 y el 62,7% de sus habas en el grupo 3. En el grupo intermedio aparecen más frecuentemente las habas de las regiones del norte, aunque la diferencia con las otras dos regiones no es muy marcada, entorno a un 10%. (tabla 3.68)

Región	Grupo						Total
	1		2		3		
AND	151	21.27%	114	16.06%	445	62.68%	710
CAT	85	35.86%	92	38.82%	60	25.32%	237
LAN	324	37.07%	251	28.72%	299	34.21%	874
VAL	85	27.16%	54	17.25%	174	55.59%	313
TOTAL	645	30.22%	511	23.95%	978	45.83%	2134

Tabla 3.68: Porcentajes de las habas de cada región en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

En la gráfica bidimensional (figura 3.67) se aprecia cómo las 4 regiones están claramente diferenciadas en el plano, con las habas andaluzas alrededor del clúster 3 (forma alargada), con las valencianas muy próximas de las andaluzas, pero algo más cerca del clúster 1 (medida intermedia entre la 2 y la 3). Las habas de Languedoc se encuentran más dispersa que el resto de regiones, pero siempre en torno al clúster 1 y 2, alejadas de las formas más alargadas. Por último, las habas catalanas son las que más cerca del cluster 2 (forma redondeada) se encuentran.

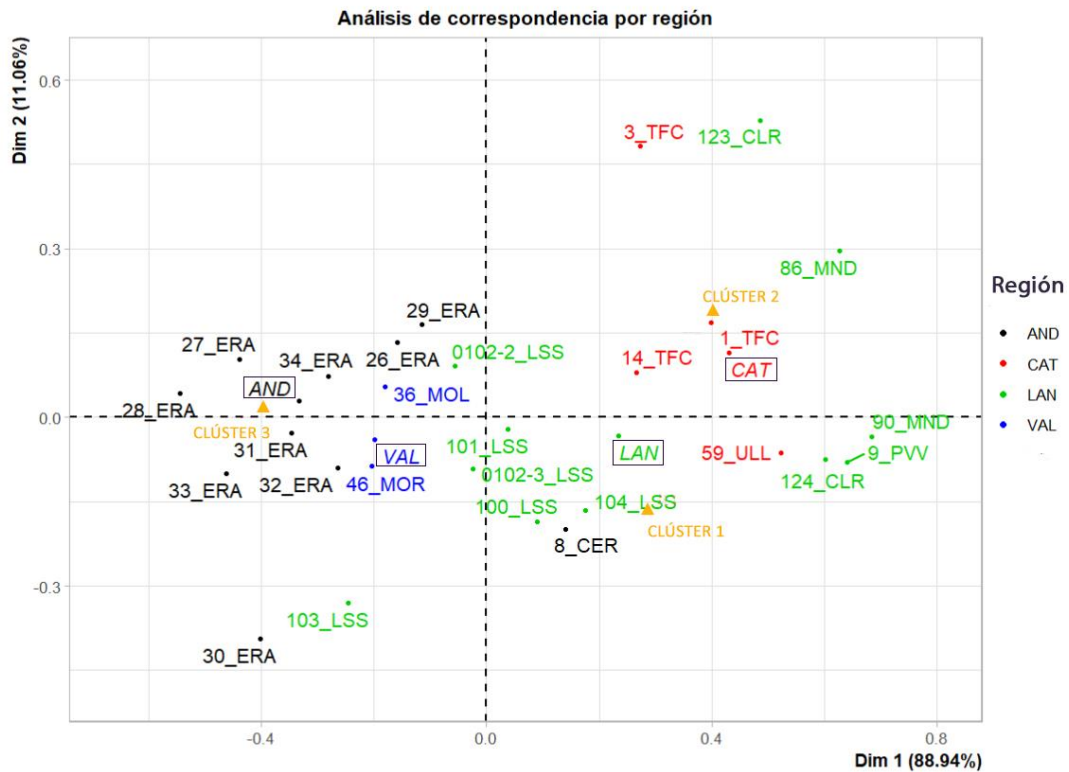


Figura 3.67: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con habas por región según los clústeres de forma

Las cuatro fases cronológicas están bien representadas, aunque predominan en la primera fase (2200-1300 a.C.) y en la cuarta fase (500-200 a.C.) (tabla 3.69). Las habas datadas en la primera fase tienen mayoritariamente una forma alargada, ya que el 60,7% de los individuos se encuentran en el grupo 3, pasando a formas más redondeadas en la segunda fase cronológica, con un 38,1% de las habas en el grupo redondeado (clúster 2) y un 47,5% en el grupo de formas intermedias (clúster 1). En la tercera fase cronológica aumentan muy ligeramente las formas redondeadas (40,5%) frente a la fase anterior, aunque también lo hacen las formas redondeadas (28,8%) reduciéndose la presencia de habas en el grupo intermedio. Por último, en la fase más moderna se reducen las formas redondeadas y aumentan las alargadas, aunque lejos de los porcentajes que se han obtenido en la cronología entre el 2200 y el 1300 a.C. Con estos datos se aprecia una tendencia a habas más alargadas en las cronologías más antiguas y algo más redondeadas en las fases más modernas, aunque hay que tener en cuenta que en la fase más moderna vuelven a aumentar las formas alargadas, aunque todavía lejos de los índices más antiguos. Estos datos pueden estar condicionados por la geografía ya que gran parte de las habas más antiguas son de Andalucía y Valencia, regiones con las habas más alargadas.

Crono.	Grupo						
	1		2		3		Total
2200-1300 a.C.	236	23.14%	165	16.18%	619	60.69%	1020
1300-750 a.C.	66	47.48%	53	38.13%	20	14.39%	139
750-500 a.C.	50	30.67%	66	40.49%	47	28.83%	163
500-200 a.C.	293	36.08%	227	27.96%	292	35.96%	812
TOTAL	645	30.22%	511	23.95%	978	45.83%	2134

Tabla 3.69: Porcentajes de las habas de cada fase cronológica en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Al representar gráficamente las muestras por su cronología (figura 3.68), se aprecia como la tendencia observada anteriormente se intensifica. Todas las muestras de la primera fase cronológica se sitúan en los cuadrantes izquierdos muy cerca del clúster de forma alargada (3), salvo una muestra. La segunda fase cronológica se encuentra en la zona contraria a la anterior, muy a la derecha del eje x, teniendo formas redondeadas. La tercera fase cronológica se encuentra en el cuadrante superior derecho, próximo al clúster 2 de formas redondeadas. Por último, la cuarta fase se encuentra en una zona intermedia entre los tres clústeres.

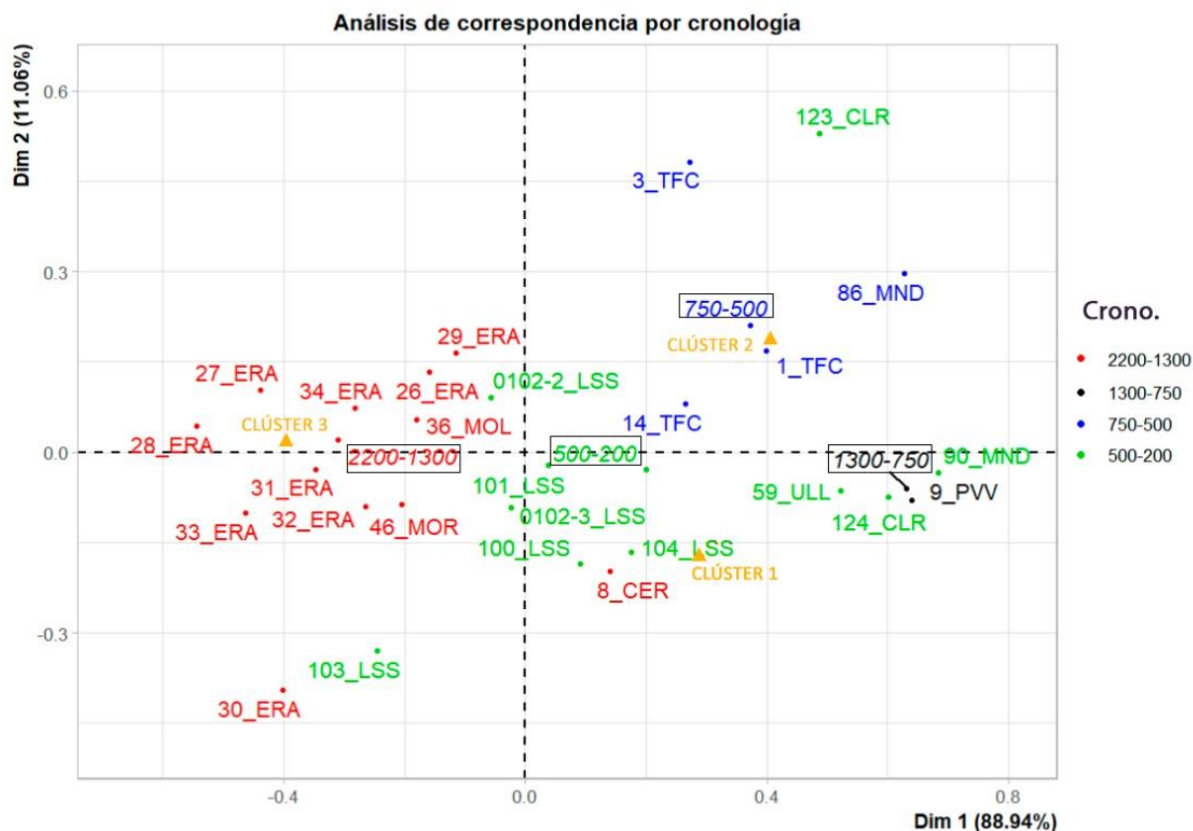


Figura 3.68: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con habas por cronología según los clústeres de forma

Un total de 10 yacimientos situados en las 4 regiones geográficas tienen más de 30 habas en cada uno, pudiendo comparar las distribuciones de estas semillas en los 3 grupos de formas (tabla 3.70). Hay tres yacimientos en los cuales más de la mitad de sus habas se sitúan entre las alargadas (grupo 3), destacando Las Eras del Alcázar con un 63,8%, seguido de Les Moreres (55,6%) y la Mola d'Agres (55,1%). A continuación, con porcentajes todavía mayores entre las formas alargadas e intermedias está Lattes con un 44,9% de sus habas en el grupo 2 y un 32,8% en el intermedio, y el Cerro del Alcázar con un 38,7% de sus habas en ambos grupos. Los 5 yacimientos restantes tienen mayor cantidad de habas en el grupo redondeado e intermedio, aunque ninguno llega a más del 50%. Con los datos obtenidos, La fase antigua de la Monédière tiene las habas más redondeadas, con un 45,8% de sus individuos en el grupo 2 y un 40% en su fase más moderna. Le sigue Portal Vielh, con una distribución del 37,7% de habas redondeadas y un 13,8% alargadas. A continuación, se encuentra Le Cailar, que tiene más habas en el grupo redondeado que en los otros dos (42,5%), sin embargo, su también relativamente alto porcentaje en el grupo alargado (24,4%) hace que en el cómputo general sus habas sean menos redondeadas que en los dos casos anteriores. Un caso similar es el de Ullastret, en el cual el grupo intermedio es el predominante (45%), seguido del redondeado (35,2%), por lo que tiene habas más redondeadas que los 5 primeros yacimientos, pero algo más alargadas a La Monédière o Portal Vielh. Por último, Font de la Canya tiene un 40% de sus semillas en el grupo redondeado y un 30% en el alargado,

a pesar de tener más formas redondeadas, su distribución es la más polarizada de todos los yacimientos, teniendo numerosas semillas de esta especie en ambos grupos. Al observar los datos por yacimientos se continúa apreciando un predominio de las habas alargadas en las regiones del sur del Ebro y en las cronologías más antiguas, salvo el Cerro del Alcázar con datos muy repartidos entre los tres grupos; mientras que en el norte y en las cronologías más modernas las habas son más redondeadas, salvo Lattes que tiene habas también repartidas de forma similar al Cerro del Alcázar.

Yac.	Crono.	Región	Grupo						
			1		2		3		Total
CER	2200-1300	AND	12	38.71%	7	22.58%	12	38.71%	31
CLR	500-200	LAN	16	34.04%	20	42.55%	11	23.40%	47
ERA	2200-1300	AND	139	20.47%	107	15.76%	433	63.77%	679
LSS	500-200	LAN	182	32.79%	124	22.34%	249	44.86%	555
MND	750-500	LAN	8	33.33%	11	45.83%	5	20.83%	24
MND	500-200	LAN	52	47.27%	44	40.00%	14	12.73%	110
MOL	2200-1300	VAL	17	24.64%	14	20.29%	38	55.07%	69
MOR	2200-1300	VAL	67	28.88%	36	15.52%	129	55.60%	232
PVV	1300-750	LAN	63	48.46%	49	37.69%	18	13.85%	130
TFC	750-500	CAT	42	30.00%	56	40.00%	42	30.00%	140
ULL	500-200	CAT	41	45.05%	32	35.16%	18	19.78%	91
TOTAL			639	30.31%	500	23.72%	969	45.97%	2108

Tabla 3.70: Porcentajes de las habas de cada yacimiento en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Las habas en la región de estudio están bastante presentes en todas las regiones, cronologías y presentes en un alto número de yacimientos comparadas con las especies anteriores, hecho que se refleja en que haya 26 muestras con más de 10 individuos, las cuales podemos comparar entre ellas. Se han observado 12 muestras con más de la mitad de las habas en el grupo alargado, entre estas destacan la mayoría de Eras del Alcázar, con 1 muestras que alcanza el 73,2% de sus habas en este grupo seguido de 5 muestras con porcentajes entre el 68 y el 60%. La siguiente muestra con mayoría de habas alargadas es la UE 2440 de Eras del Alcázar, con un 58,6%, continuando con la muestra 27293 de Lattes, la única de un yacimiento de las regiones del norte con más de la mitad de las habas en este grupo (56,2%). Con porcentajes muy similares de habas alargadas se encuentra la única muestra de Les Moreres y de la Mola d'Agres, entorno a un 55% cada una. Finalmente, las últimas muestras con más de la mitad de las habas en este grupo son la UE 7019 y la 6064 con un 54,6 y un 52,6% de sus habas en este grupo. Como era de esperar con los datos anteriores, todas las habas de las Eras del Alcázar además de las de los yacimientos de la región valenciana se encuentran en este grupo de muestras con predominancia de las habas alargadas. Después de estas muestras encontramos un grupo en el cual las habas tienen unos porcentajes algo superiores en las formas alargadas en comparación con las redondeadas, pero ya muy cercanos entre ambas formas, aquí se encuentran las 5 muestras restantes de Lattes, las cuales tienen un porcentaje de formas alargadas entre el 49,3% al 36,4% además de la única muestra del Cerro del Alcázar, cuyos porcentajes son casi idénticos a la muestra de Lattes con el porcentaje de semillas

alargadas más bajo, distribuyéndose en un 37,9% en el grupo alargado y un 20,7% en el redondeado.

Las habas con formas más redondeadas son las predominantes especialmente en la UE 2790 de Le Cailar, con un 54,2% agrupadas en la forma más redondeada, seguida por la UE 10673-9080 de Le Monédière con un 40,4% en este grupo y solo un 11,9% en el de las habas alargadas (tabla 3.71). Con una distribución muy similar a la muestra anterior se encuentran la ST-86 de Portal Vielh y la 2785 de Le Cailar. Las habas de la muestra del Tall central 3SJ6 de Ullastret tienen una forma predominantemente redondeada, pero algo menos que las anteriores, con un 35,2% de sus habas en el grupo 2 y un 19,8% en el 3. Por último, las tres muestras de Font de la Canya tienen una peculiaridad, ya que, aunque las formas redondeadas son algo más altas que las alargadas, sus porcentajes son muy similares, entre un 47 y 33% en el grupo redondeado y un 27 y 35% en las alargadas. Con estos datos vemos una cierta homogeneidad dentro de las muestras de un mismo yacimiento, ya que los resultados de las muestras son muy similares a los yacimientos. En todos ellos vemos una tendencia hacia una forma u otra salvo en el caso de Font de la Canya, en el cual ambas formas tienen altos porcentajes de distribución.

M.tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo						
				1		2		3		Total
1	1055-5	TFC	CAT	29	32.95%	35	39.77%	24	27.27%	88
3	1054	TFC	CAT	3	17.65%	8	47.06%	6	35.29%	17
8	45-3359	CER	AND	12	41.38%	6	20.69%	11	37.93%	29
9	st-86	PVV	LAN	63	48.46%	49	37.69%	18	13.85%	130
14	1140	TFC	CAT	8	33.33%	8	33.33%	8	33.33%	24
26	7019	ERA	AND	30	21.28%	34	24.11%	77	54.61%	141
27	5048	ERA	AND	16	15.84%	16	15.84%	69	68.32%	101
28	4215	ERA	AND	20	15.75%	14	11.02%	93	73.23%	127
29	6064	ERA	AND	4	21.05%	5	26.32%	10	52.63%	19
30	6019	ERA	AND	4	36.36%	0	0.00%	7	63.64%	11
31	8068	ERA	AND	32	23.19%	19	13.77%	87	63.04%	138
32	2440	ERA	AND	8	27.59%	4	13.79%	17	58.62%	29
33	2637	ERA	AND	14	23.33%	5	8.33%	41	68.33%	60
34	8063	ERA	AND	11	20.75%	10	18.87%	32	60.38%	53
36	2009	MOL	VAL	16	23.88%	14	20.90%	37	55.22%	67
46	corteK	MOR	VAL	67	28.88%	36	15.52%	129	55.60%	232
59	Tallcentral3SJ6	ULL	CAT	41	45.05%	32	35.16%	18	19.78%	91
86	10816-9101-UNF17	MND	LAN	6	33.33%	9	50.00%	3	16.67%	18
90	10673-9080	MND	LAN	52	47.71%	44	40.37%	13	11.93%	109
100	54782	LSS	LAN	50	39.68%	25	19.84%	51	40.48%	126
101	54766	LSS	LAN	64	32.00%	48	24.00%	88	44.00%	200
0102-2	54794-2	LSS	LAN	38	25.33%	38	25.33%	74	49.33%	150
0102-3	54794-3	LSS	LAN	5	33.33%	3	20.00%	7	46.67%	15
103	27293	LSS	LAN	6	37.50%	1	6.25%	9	56.25%	16
104	54763	LSS	LAN	9	40.91%	5	22.73%	8	36.36%	22
123	2790	CLR	LAN	5	20.83%	13	54.17%	6	25.00%	24
124	2785	CLR	LAN	9	47.37%	7	36.84%	3	15.79%	19
TOTAL				622	30.25%	488	23.74%	946	46.01%	2056

Tabla 3.71: Porcentajes de las habas de cada muestra en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

En la representación gráfica bidimensional de las muestras por yacimiento se aprecia cómo las tendencias observadas anteriormente se mantienen (figura 3.69), con los yacimientos del sur y más antiguos a la izquierda de la gráfica y los del norte y más modernos a la derecha. Las muestras de cada yacimiento son bastante homogéneas entre sí como se comentaba anteriormente, aunque hay algunas excepciones. En Eras del Alcázar la UE 6019 (muestra 30 en la tesis) está alejada del resto, con valores de x e y negativos y altos, este hecho puede deberse al número muestral, ya que hay pocas habas en esta muestra. Algo similar ocurre con la UE 27293 de Lattes (muestra 103 de la tesis). Las muestras de Font de la Canya se encuentran algo dispersas entre ellas, pero siempre próximas al clúster 2. Por último, cuatro muestras están muy próximas entre ellas, la muestra de Ullastret y Portal Vielh, la muestra 2785 de Le Cailair (la 124 de la tesis) y la 10673-9080 de Le Monédière (90 de la tesis); situándose entre el cluster 1 y 2 y muy alejadas del 3, por lo que tienen formas bastante redondeadas. Esta relación de forma podría tener causas regionales, ya que todas se encuentran en Languedoc o el norte de Cataluña, mientras que tienen diferentes cronologías.

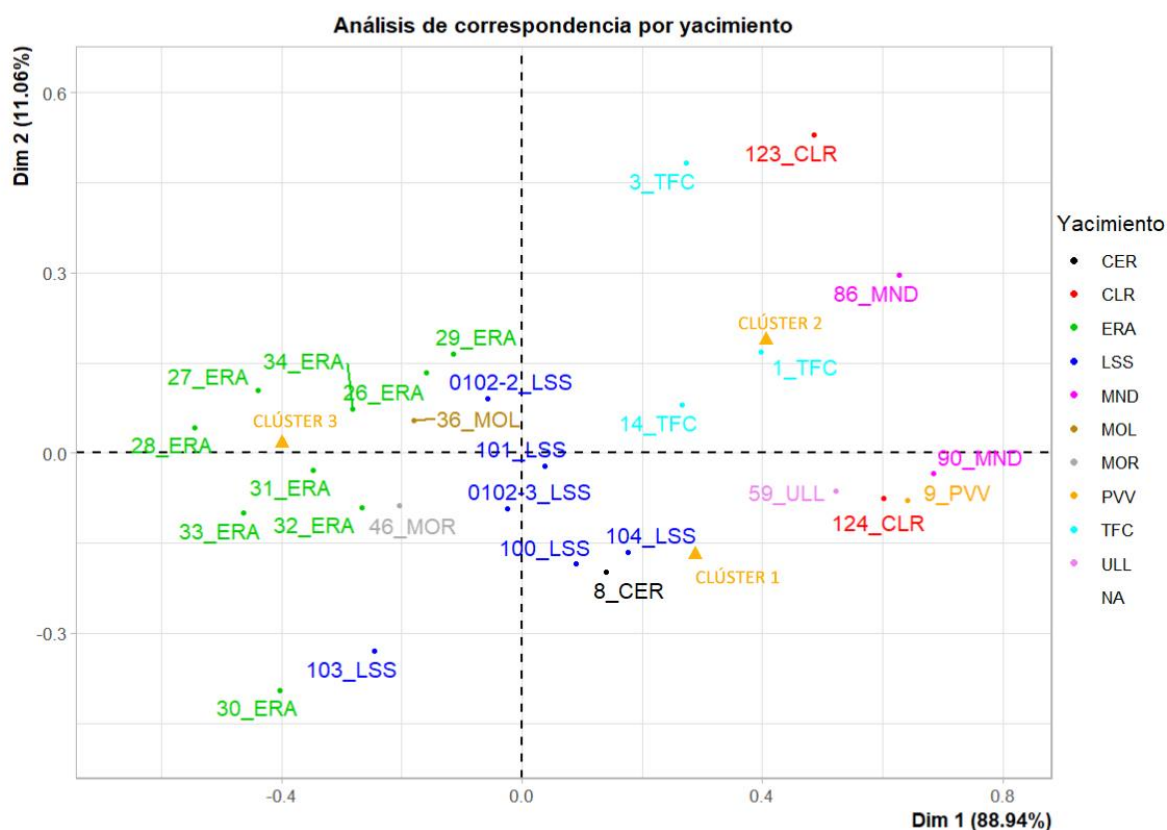


Figura 3.69: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con habas por yacimientos según los clústeres de forma

3.5.2.5.2 Tamaño

Se han establecido dos grupos como el número idóneo según los índices aplicados sobre los datos de análisis de conglomerados jerárquico realizado sobre las variables de tamaño de las habas estudiadas. Por este motivo no se ha podido aplicar un análisis de correspondencia, utilizándose únicamente los perfiles fila y columna para realizar las comparaciones

En el grupo más grande, el rango de la longitud es de 5,40 - 6,95 - 10,14 mm, en la anchura es de 3,62 - 5,06 - 7,37 mm y en el grosor de 4,11 - 5,22 - 6,93 mm (tabla 3.72). El grupo donde se distribuyeron las habas más pequeñas tiene un rango en su longitud de 3,33 - 5,65 - 7,18, un rango de anchura de 2,52 - 4,08 - 5,13 y un rango de grosor de 2,68 - 4,28 - 5,13.

Clúster	Longitud			Anchura			Grosor		
	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.
1	5,40	6,95	10,14	3,62	5,06	7,37	4,11	5,22	6,93
2	3,33	5,65	7,18	2,52	4,08	5,13	2,68	4,28	5,13

Tabla 3.72: Valores mínimo medio y máximo de las diferentes variables de tamaño de las habas según los clústeres establecidos

Las habas procedentes de Andalucía son las más grandes, con un 67,3% de estas semillas en el grupo de mayor tamaño, seguido por las habas catalanas, con un 63,7% (tabla 3.73). Las habas procedentes de yacimientos valencianos son algo más pequeñas ya que el 55,3% pertenecen al grupo más grande. Por último, las habas de Languedoc son las más pequeñas, con un 47,8% en el grupo de mayor tamaño. En general se aprecian ciertas diferencias regionales, aunque no excesivamente marcadas.

Región	Grupo				
	1		2		Total
AND	478	67.32%	232	32.68%	710
CAT	151	63.71%	86	36.29%	237
LAN	418	47.83%	456	52.17%	874
VAL	173	55.27%	140	44.73%	313
TOTAL	1220	57.17%	914	42.83%	2134

Tabla 3.73: Porcentajes de las habas de cada región en los dos grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

La fase cronológica más antiguas tiene habas más grandes, con porcentajes en el grupo de mayor tamaño del 63,8%, mientras que entre el 1300 y el 750 a.C., este porcentaje es solo del 14,4%, teniendo estas dos fases los valores más extremos (tabla 3.74). Las habas fechadas entre el 750 y el 500 a.C. son algo más pequeñas que las del periodo más moderno (500-200 a.C.) ya que tienen un 42,9% en el grupo grande frente al 59%. Con estos datos se aprecian diferencias cronológicas en el tamaño de las habas, pero no se aprecia una tendencia clara a lo largo del tiempo, sino que cada fase cronológica presenta datos diferentes al resto.

Crono.	Grupo				
	1		2		Total
2200-1300 a.C.	651	63.82%	369	36.18%	1020
1300-750 a.C.	20	14.39%	119	85.61%	139
750-500 a.C.	70	42.94%	93	57.06%	163
500-200 a.C.	479	58.99%	333	41.01%	812
TOTAL	1220	57.17%	914	42.83%	2134

Tabla 3.74: Porcentajes de las habas de cada fase cronológica en los dos grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

Los datos anteriores de 1300-750 a.C. pueden explicarse al observar la distribución de cada yacimiento en cada grupo, ya que casi la totalidad de las habas fechadas en esta cronología proceden de Portal Vielh, que tiene las habas más pequeñas del área estudiada, con el 87,7% de ellas en el grupo de menor tamaño (tabla 3.75). El siguiente yacimiento con predominancia de habas pequeñas es Le Cailar, con el 72,3% en el grupo de menor tamaño. Continuando con los yacimientos con predominancia de las habas de menor tamaño está Font de la Canya (57,9%) y la fase más antigua de La Monédière (50%). Salvo Font de la Canya todos los yacimientos con habas más pequeñas se encuentran en Languedoc, pudiendo haber algún tipo de relación geográfica en este hecho. El yacimiento con las habas de mayor tamaño es Ullastret, con el 96,7% de sus individuos en el grupo de mayor tamaño, seguido por el Cerro del Alcázar (74,2%) y las Eras del Alcázar (67%). Con un 60,9% de las habas en el grupo de mayor tamaño se encuentra la Mola d'Agres. La fase más moderna de La Monédière y Lattes tiene una distribución similar, entorno a un 60%. El yacimiento con menor diferencia entre los dos grupos es Les Moreres, con un 54,7% de las habas en el grupo de mayor tamaño. Al observar las diferencias por yacimientos se aprecia como la mayoría de yacimientos de Languedoc presentan semillas pequeñas salvo Lattes, mientras que las habas de Ullastret destacan por el alto porcentaje de semillas grandes que presenta.

Yac.	Crono.	Región	Grupo				
			1	2	Total		
CER	2200-1300	AND	23	74.19%	8	25.81%	31
CLR	500-200	LAN	13	27.66%	34	72.34%	47
ERA	2200-1300	AND	455	67.01%	224	32.99%	679
LSS	500-200	LAN	329	59.28%	226	40.72%	555
MND	750-500	LAN	12	50.00%	12	50.00%	24
MND	500-200	LAN	66	60.00%	44	40.00%	110
MOL	2200-1300	VAL	42	60.87%	27	39.13%	69
MOR	2200-1300	VAL	127	54.74%	105	45.26%	232
PVV	1300-750	LAN	16	12.31%	114	87.69%	130
TFC	750-500	CAT	59	42.14%	81	57.86%	140
ULL	500-200	CAT	88	96.70%	3	3.30%	91
TOTAL			1230	58.35%	878	41.65%	2108

Tabla 3.75: Porcentajes de las habas de cada yacimiento en los dos grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

A diferencia de la forma, existe cierta heterogeneidad entre algunas de las 26 muestras de algunos yacimientos entre ellas. Las semillas más grandes se encuentran en la única muestra de Ullastret (96,7% de las habas en el grupo de mayor tamaño) y las más pequeñas en única muestra de Portal Vielh (87,7% en el grupo de menor tamaño) (tabla 3.76). Lógicamente los otros yacimientos con una sola muestra (Cerro del Alcázar, Les Moreres y la Mola d'Agres) tampoco aportan cambio respecto a las comparaciones anteriores. En las Eras del Alcázar, el yacimiento con más muestras, se aprecia como 5 muestras tienen un alto porcentaje de habas grandes (entre el 70 y el 84,4%), mientras que 3 muestras tienen valores intermedios, con unos porcentajes de habas de mayor tamaño entre el 57,9 y el 44,8% de su tamaño. Por último, la UE 5048 presenta un porcentaje de solo el 35,6% en este grupo. Este hecho ya fue observado por Eva Montes Moya, investigadora de este yacimiento, señalando una evolución cronológica de habas más pequeñas hacia habas más grandes en las fases más modernas del yacimiento, pudiéndose explicar estas diferencias de tamaño por la irrigación en estas fases (Montes Moya, 2014). Entre las 3 muestras de Font de la Canya se aprecian diferencias en los tamaños de las habas, pero no tan marcados como en el caso anterior, teniendo unos porcentajes de habas en el grupo de mayor tamaño entre el 52,9 y el 36,7%. En Lattes, las 3 muestras con más habas (más de 100 cada una) tienen unos porcentajes de habas de mayor tamaño entre el 62 y el 59,5%, mientras que otra muestra de 22 individuos alcanza el 54,5% de las habas en ese grupo. Dos muestras (con 15 y 16 individuos) tienen más habas en el grupo de menor tamaño, con un 66,7 y un 56,2%, siendo una diferencia significativa con las tres primeras muestras, pero al haber tanta diferencia en los tamaños muestrales hay que tener cautela en su interpretación. Las dos muestras de La Monédière, también difieren entre ellas, teniendo la UE 10816-9101-UNF17 un porcentaje del 55,6%

de las habas en el grupo de mayor tamaño, mientras que la UE 10673-9080 tiene el 59,6% de las habas en el grupo de menor tamaño; sin embargo, estas diferencias pueden estar influenciadas por los tamaños muestrales, ya que son de 18 y 109 individuos respectivamente. El último yacimiento con dos muestras es Le Cailar, con unos porcentajes de habas en el grupo de menor tamaño del 75 y del 63,2%. Estas diferencias de tamaño observadas entre diferentes muestras de un mismo yacimiento y en ocasiones de la misma cronología pueden deberse a diferentes técnicas de cultivo como se comentaba en el caso de las Eras del Alcázar o por diferentes variedades cultivadas a lo largo del tiempo o incluso contemporáneamente.

M. tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo				
				1	2	Total		
1	1055-5	TFC	CAT	32	36.36%	56	63.64%	88
3	1054	TFC	CAT	9	52.94%	8	47.06%	17
8	45-3359	CER	AND	22	75.86%	7	24.14%	29
9	st-86	PVV	LAN	16	12.31%	114	87.69%	130
14	1140	TFC	CAT	11	45.83%	13	54.17%	24
26	7019	ERA	AND	119	84.40%	22	15.60%	141
27	5048	ERA	AND	36	35.64%	65	64.36%	101
28	4215	ERA	AND	93	73.23%	34	26.77%	127
29	6064	ERA	AND	11	57.89%	8	42.11%	19
30	6019	ERA	AND	8	72.73%	3	27.27%	11
31	8068	ERA	AND	103	74.64%	35	25.36%	138
32	2440	ERA	AND	13	44.83%	16	55.17%	29
33	2637	ERA	AND	42	70.00%	18	30.00%	60
34	8063	ERA	AND	30	56.60%	23	43.40%	53
36	2009	MOL	VAL	41	61.19%	26	38.81%	67
46	corteK	MOR	VAL	127	54.74%	105	45.26%	232
59	Tallcentral3SJ6	ULL	CAT	88	96.70%	3	3.30%	91
86	10816-9101-UNF17	MND	LAN	10	55.56%	8	44.44%	18
90	10673-9080	MND	LAN	44	40.37%	65	59.63%	109
100	54782	LSS	LAN	76	60.32%	50	39.68%	126
101	54766	LSS	LAN	119	59.50%	81	40.50%	200
0102-2	54794-2	LSS	LAN	93	62.00%	57	38.00%	150
0102-3	54794-3	LSS	LAN	5	33.33%	10	66.67%	15
103	27293	LSS	LAN	7	43.75%	9	56.25%	16
104	54763	LSS	LAN	12	54.55%	10	45.45%	22
123	2790	CLR	LAN	6	25.00%	18	75.00%	24
124	2785	CLR	LAN	7	36.84%	12	63.16%	19
TOTAL				1180	57.39%	876	42.61%	2056

Tabla 3.76: Porcentajes de las habas de cada muestra en los dos grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

3.5.2.5.3 Tamaño y forma

Los clústeres de forma y tamaño están relacionados entre ellos, ya que el valor de P del análisis de χ^2 es de 0,007. En el análisis de correlación de Spearman, el resultado del coeficiente de relación fue de 0,062 y el valor de p fue de 0,0041, en este caso se rechaza la hipótesis nula, existiendo diferencias estadísticas significativas entre la relación de los clústeres de forma con los de tamaño. Sin embargo, el coeficiente de correlación solo estima en un 6,2% la relación entre ambos. Para evitar que existiese alguna mínima diferencia que no se viese en este análisis se realizó una tabla de contingencias entre los clústeres, observándose una pequeña tendencia a que las semillas de forma más alargada sean un poco más grandes al distribirse el 60,8% de las habas de esta forma en el grupo de mayor tamaño, mientras que las formas más redondeadas son algo menores de tamaño, estando el 53,8% de las mismas en el grupo de mayor tamaño, como se observa esta diferencia es muy pequeña, por lo que no se puede considerar que exista una correlación marcada entre los grupos (tabla 3.77).

Clústeres de forma	Clústeres de tamaño				Total
	1		2		
1	350	54.26%	295	45.74%	645
2	275	53.82%	236	46.18%	511
3	595	60.84%	383	39.16%	978
TOTAL	1220	57.17%	914	42.83%	2134

Tabla 3.77: Tabla de contingencia entre los clústeres de forma (en las filas) y los clústeres de tamaño (columnas) ordenados de mayor a menor

Con todos los datos se aprecia cómo las formas alargadas son de media algo más grande, sin embargo, la distribución de las muestras alargadas o redondeadas no tiene relación con el tamaño. Por ejemplo, las habas alargadas de la muestra 5048 de Eras (la 27 de la tesis) tiene habas predominantemente pequeñas, pero formas predominantemente alargadas, caso contrario ocurre en Ullastret, con habas grandes redondeadas. Por lo tanto, se observa que no hay casi relación entre ambos tipos de variables. Sin embargo, en las variedades de forma si se observa una distribución regional muy marcada, más que cronológica, ya que el caso de Portal Vielh nos indica cómo la región marca más la forma que la cronología. Respecto al tamaño las habas de Andalucía y Cataluña son más grandes y bastante parecidas entre ellas, mientras que las de Valencia son algo más pequeñas y las de Languedoc las de menor tamaño. Por cronología estas diferencias difieren, ya que la primera y cuarta fase son semejantes en tamaño entre ellas, mientras que la tercera es algo menor con una segunda fase con habas bastante pequeñas, aunque este último caso puede deberse a que prácticamente todas las habas de este periodo provienen de Portal Vielh. En definitiva, no parece haber grandes diferencias en la forma de las habas de mismo yacimiento o misma cronología, mientras que el tamaño sí que cambia entre las

muestras de un mismo yacimiento. Con los cambios observados en la experimentación de carbonización de semillas, podrían explicar los diferentes tamaños con formas similares en semillas que han sido embebidas previamente a la carbonización, siendo estas más grandes que las que no. Por otro lado, las diferencias de tamaño se podrían explicar por la irrigación, pero esta posibilidad está muy poco investigada. Con estudios en profundidad se podría establecer si las diferencias de forma o tamaño se deben más a variables genéticas (como las diferentes variedades), a factores medioambientales (como la irrigación, precipitaciones etc.) o por fenómenos tafonómicos (como el ejemplo de las semillas embebidas antes de carbonizarse).

3.5.2.6 Vezas (*Vicia sativa*)

3.5.2.6.1 Forma

Como en la mayoría de especies, los índices analizados para establecer el número de grupos más idóneo para los datos de las formas han sido de 3 clústeres en las vezas. Junto a las habas son las únicas especies con diferencias apreciables entre los 3 grupos. Las formas de las vistas ventrales van desde formas más alargadas en el eje longitudinal (forma 1) a formas más redondeadas (forma 2) con la forma 3 siendo bastante parecida a la dos, pero un poco menos redondeada. En la cara lateral estas formas cambian, siendo el tipo 1 algo más rectangular que el resto, mientras que la forma 2 es más redondeada, aunque achatada teniendo algo más largo el eje transversal, hecho que aumenta en la forma 3 (figura 3.70).

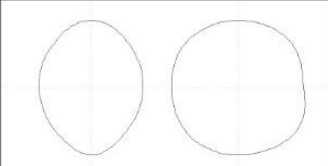
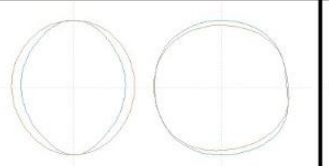
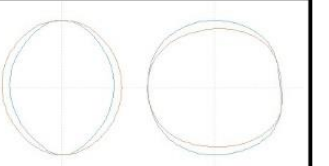
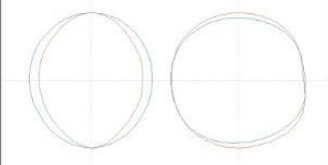
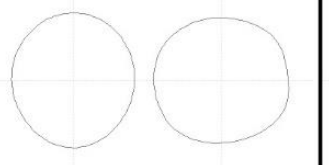
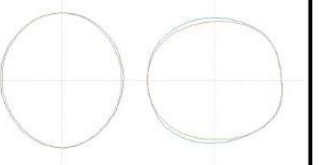
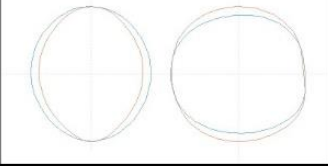
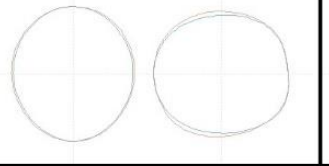
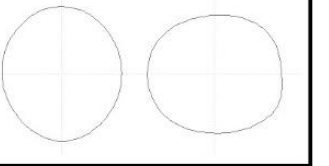
	1	2	3
1			
2			
3			
V	VV VL	VV VL	VV VL

Figura 3.70: Siluetas de las vezas (*Vicia sativa*) de los tres grupos obtenidos en las variables de forma a través del análisis de conglomerados no jerárquico

El análisis de correspondencias entre las semillas de vezas agrupadas por muestra arqueológica y los 3 tipos de formas obtenidos en el análisis de clústeres ha obtenido un valor de chi cuadrado de $4,96 \times 10^{-9}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre variables, existiendo relación entre ambas.

Más o menos las vezas están bien representadas en tres regiones, aunque no se ha podido analizar ninguna procedente de Andalucía (tabla 3.78). Las vezas procedentes de yacimientos catalanes tienen una predominancia hacia la forma 2, con un 54,8% de los individuos en este grupo, mientras que en Languedoc los porcentajes del grupo 2 y 3 son el mismo (36,7%) mientras que en el grupo uno es algo menor (26,1%). Por último, en Valencia predomina el grupo 1 con un 39,9% seguido del grupo 2 con un 32,9% de las vezas. En general vemos ciertas diferencias entre las tres regiones, aunque no tienen una gran fuerza discriminadora.

Región	Grupo						
	1		2		3		Total
AND	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
CAT	28	16.87%	91	54.82%	47	28.31%	166
LAN	12	26.09%	17	36.96%	17	36.96%	46
VAL	103	39.92%	85	32.95%	70	27.13%	258
TOTAL	143	30.43%	193	41.06%	134	28.51%	470

Tabla 3.78: Porcentajes de las vezas de cada región en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

En la representación bidimensional de las muestras por región se aprecia una clara relación entre ambas (figura 3.71). Las muestras de Languedoc se encuentran en el recuadro superior izquierdo en torno al clúster 3, mientras que las catalanas se encuentran en el inferior, en torno al clúster 2. Las muestras valencianas se encuentran bastante alejadas en el eje x, en torno al clúster 1, salvo una muestra que se acerca a las otras dos regiones, pero sin solaparse con ellas.

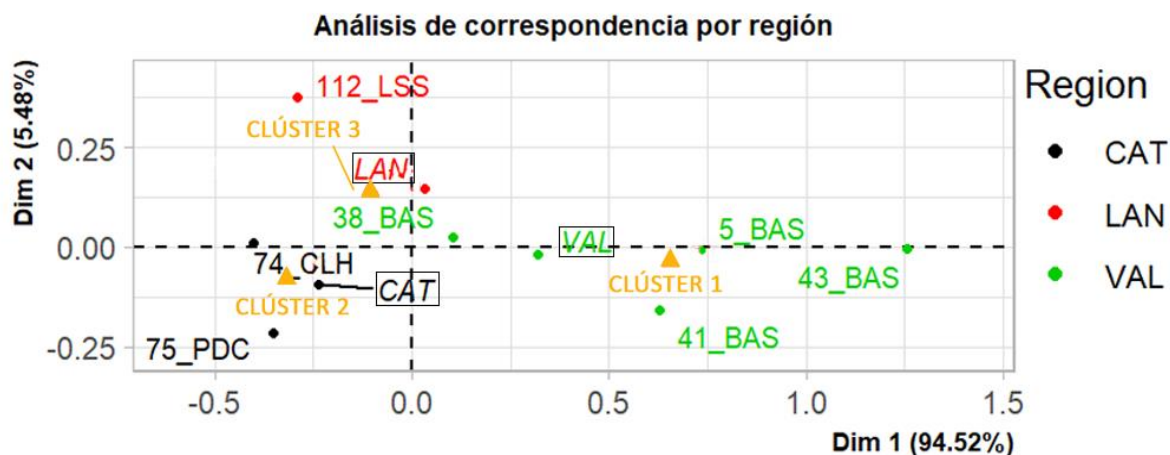


Figura 3.71: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con vezas por región según los clústeres de forma

La segunda fase cronológica (1300-750 a.C.), tiene un predominio del grupo de las alargadas 57,1%, seguido por el 2, también bastante redondeado, mientras que casi no hay vezas alargadas (tabla 3.79). Las de la tercera fase cronológica presentan formas más alargadas, con un 42,9%, hecho que también se aprecia en la fase más moderna, aunque algo menos marcado, con un 32,4% de las vezas en el grupo más alargado (clúster 1). Estos datos evidencian un cambio hacia vezas más alargadas en cronologías más modernas, sin embargo, hay que tener en cuenta el tamaño muestral, ya que la mayoría de los individuos están situados en la cuarta fase cronológica (500-200 a.C.)

Crono.	Grupo						Total
	1		2		3		
2200-1300 a.C.	5	13.16%	24	63.16%	9	23.68%	38
1300-750 a.C.	1	7.14%	8	57.14%	5	35.71%	14
750-500 a.C.	6	42.86%	5	35.71%	3	21.43%	14
500-200 a.C.	131	32.43%	156	38.61%	117	28.96%	404
TOTAL	143	30.43%	193	41.06%	134	28.51%	470

Tabla 3.79: Porcentajes de las vezas de cada fase cronológica en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Al representar gráficamente las muestras no se observan muchas diferencias cronológicas ya que prácticamente todas las muestras y todas las veces pertenecen a la última fase cronológica (figura 3.72). Aun así, se aprecia cierta tendencia de la primera y segunda fase hacia los clústeres 2 y 3, mientras que las fases más modernas tienden hacia el clúster 1.

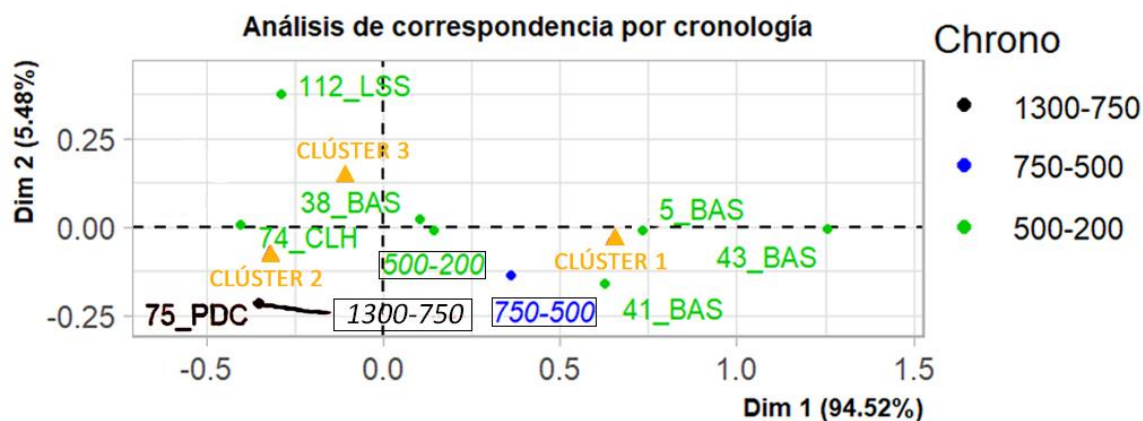


Figura 3.72: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con vezas por cronología según los clústeres de forma

Hay 4 yacimientos con más de 30 individuos, destacando la Bastida con 258 y Camps del Hospital con 102 (tabla 3.80). La Plana del Castell es el yacimiento con un grupo más claramente predominante sobre el resto, teniendo al 63,2% de las vezas en el grupo 2, seguido por Camps del Hospital, el cual presenta un 56,9% de sus vezas en ese mismo grupo. La Bastida y especialmente Lattes tiene las vezas bastante repartidas entre los tres grupos, teniendo el primero al 39,9 32,9 y 27,13% de las vezas repartidas entre el grupo 1 al 3 respectivamente, mientras que en Lattes estos porcentajes son del 34,5, 31 y 34,5%. En relación con las regiones se aprecia cómo el grupo 2 es mayoritario en los yacimientos catalanes, mientras que los otros dos tienen las vezas bastante repartidas entre los 3 grupos.

Yac.	Crono.	Región	Grupo				Total		
			1	2	3				
BAS	500-200	VAL	103	39.92%	85	32.95%	70	27.13%	258
CLH	500-200	CAT	9	8.82%	58	56.86%	35	34.31%	102
LSS	500-200	LAN	10	34.48%	9	31.03%	10	34.48%	29
PDC	1300-750	CAT	5	13.16%	24	63.16%	9	23.68%	38
TOTAL			127	29.74%	176	41.22%	124	29.04%	427

Tabla 3.80: Porcentajes de las vezas de cada yacimiento en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Los yacimientos de la Plana del Castell y Camps del Hospital solo tienen una muestra, por lo que sus resultados son los descritos anteriormente (tabla 3.81). En la Bastida, se observa como el grupo 1 predomina en 3 de sus 4 muestras con porcentajes entre el 80 y el 54,5%, sin embargo, la muestra más numerosa (185 veces) procedente del Dpt217, tiene el 38,9% de los individuos en el grupo 2, y un 30% en cada uno de los restantes. Las veces de Lattes están repartidas por varias muestras de muy pocos individuos, alcanzando en una sola muestra 10 individuos, de los cuales el 505 está en el grupo 3 y el 40% en el 2. Con estos datos se observa una cierta heterogeneidad entre las muestras de la Bastida, que pueden estar producidas por la propia variabilidad de la especie ya que como vemos los porcentajes de los 3 grupos son bastante similares entre ellos en bastantes muestras.

M. tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo						
				1		2		3		Total
5	Dpt260	BAS	VAL	19	57.58%	6	18.18%	8	24.24%	33
35	10-E1	BLA	LAN	1	7.69%	7	53.85%	5	38.46%	13
38	Dpt217	BAS	VAL	56	30.27%	72	38.92%	57	30.81%	185
41	Dept254	BAS	VAL	6	54.55%	3	27.27%	2	18.18%	11
43	Esp260c3	BAS	VAL	8	80.00%	0	0.00%	2	20.00%	10
74	2034	CLH	CAT	9	8.82%	58	56.86%	35	34.31%	102
75	E-14-CI	PDC	CAT	5	13.16%	24	63.16%	9	23.68%	38
112	27565	LSS	LAN	1	10.00%	4	40.00%	5	50.00%	10
TOTAL				105	26.12%	174	43.28%	123	30.60%	402

Tabla 3.81: Porcentajes de las veces de cada muestra en los tres grupos de forma obtenidos con el análisis de conglomerados

Al representar gráficamente las muestras por yacimientos se aprecia como la muestra del departamento 217 de la Bastida (figura 3.73), se diferencia del resto de las muestras del mismo yacimiento al tener pocos individuos en el clúster 1. Este hecho podría evidenciar una variedad o subespecie de veza diferente en ese mismo yacimiento como en el caso de las lentejas. El resto de muestras de otros yacimientos se encuentran en los cuadrantes negativos del eje x, más o menos próximos entre ellos, pero sin ningún patrón evidente.

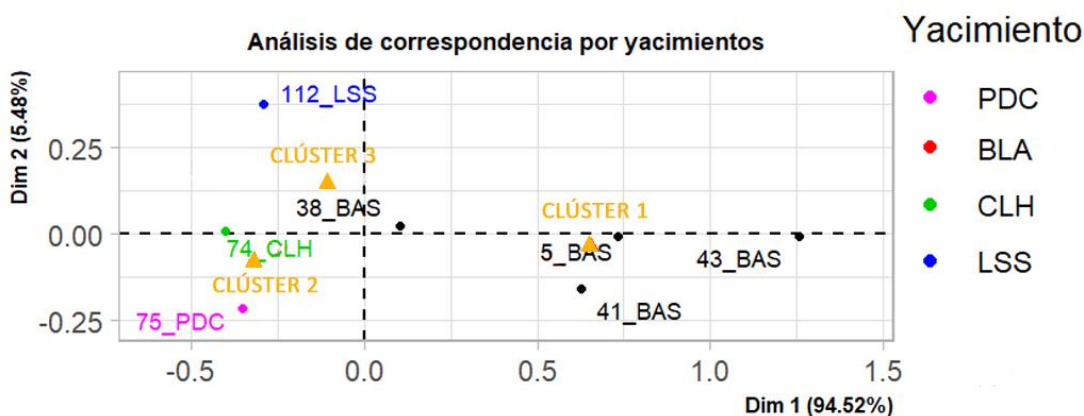


Figura 3.73: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con vezas por yacimiento según los clústeres de forma

3.5.2.6.2 Tamaño

Se han establecido tres grupos como el número idóneo de veces según el tamaño de las semillas estudiadas. En el grupo más grande, el rango de la longitud es de 3,10 - 3,57 - 5,05 mm, en la anchura es de 2,14 - 3,02 - 4,56 mm y en el grosor de 2,95 - 3,53 - 4,63 mm (tabla 3.82). El grupo intermedio tiene un rango en su longitud de 2,45 - 2,93 - 3,49, un rango de anchura de 1,86 - 2,53 - 3,03 y un rango de grosor de 2,18 - 2,05 - 3,48. Por último, el grupo de las veces de menor tamaño tiene un rango en su longitud de 1,54 - 2,13 - 2,63, un rango de anchura de 1,21-1,79-2,25 y un rango de grosor de 1,37 - 2,05 - 2,61.

Clúster	Longitud			Anchura			Grosor		
	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.
1	3,10	3,57	5,05	2,14	3,02	4,56	2,95	3,53	4,63
2	2,45	2,93	3,49	1,86	2,53	3,03	2,18	2,05	3,48
3	1,54	2,13	2,63	1,21	1,79	2,25	1,37	2,05	2,61

Tabla 3.82. Valores mínimo medio y máximo de las diferentes variables de tamaño de las veces según los clústeres establecidos

El análisis de correspondencias entre las semillas de veces agrupadas por muestra arqueológica y los 3 tipos de tamaños obtenidos en el análisis de clústeres ha obtenido un valor de chi cuadrado de $3,31 \times 10^{-34}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula de independencia entre variables, existiendo relación entre ambas.

Las veces más grandes aparecen en los yacimientos valencianos, con un 71,7% de los individuos en el grupo de mayor tamaño, seguido por las veces de Languedoc (tabla 3.83). Con un 48,5% de las veces en ese mismo grupo. Finalmente, los individuos catalanes son los más pequeños, predominando el grupo intermedio con un 74,7%.

Región	Grupo						Total
	1		2		3		
AND	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
CAT	31	18.67%	124	74.70%	11	6.63%	166
LAN	20	43.48%	11	23.91%	15	32.61%	46
VAL	185	71.71%	71	27.52%	2	0.78%	258
TOTAL	236	50.21%	206	43.83%	28	5.96%	470

Tabla 3.83: Porcentajes de las veces de cada región en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En la representación gráfica, las veces valencianas aparecen próximas al clúster 1, el de mayor tamaño, aunque algunas de ellas se dispersan algo más entre los otros dos clústeres (figura 3.74). Las veces catalanas presentan tamaños más pequeños al situarse en torno al clúster 2, el intermedio. Por último, las semillas de Languedoc son las que de media tienen el menor tamaño.

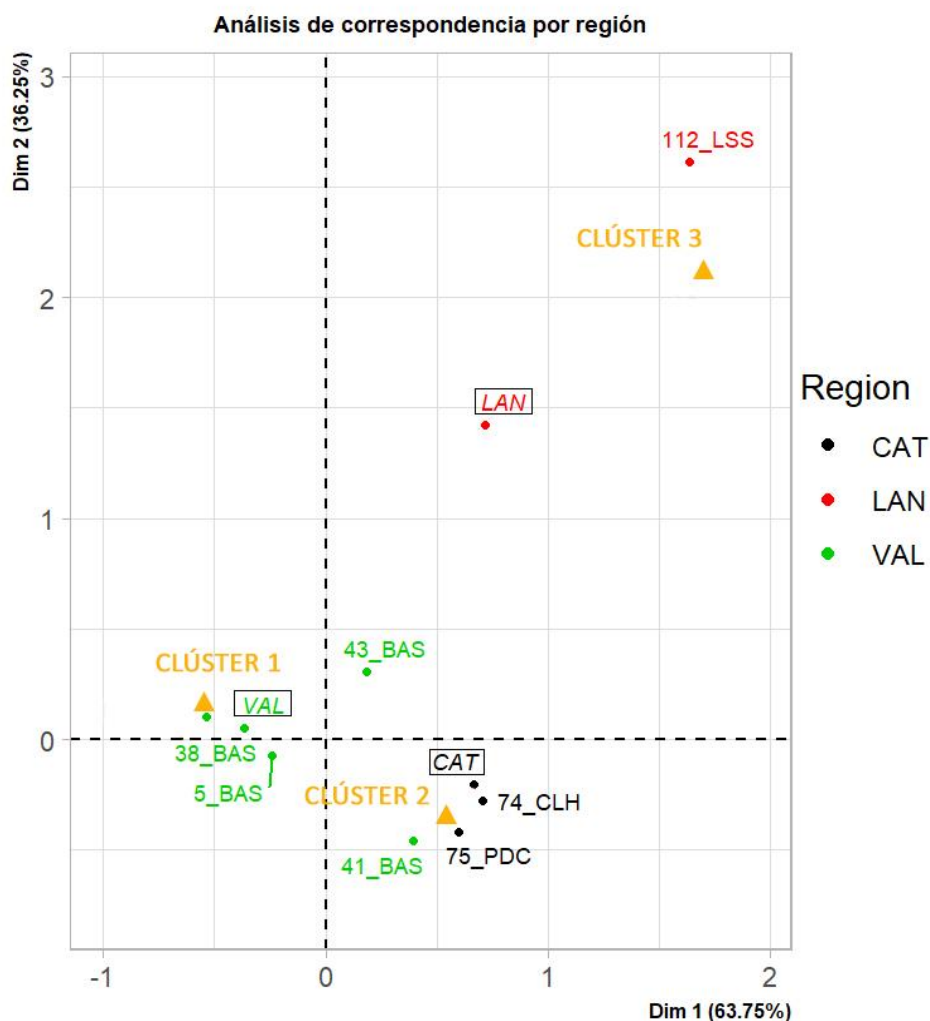


Figura 3.74: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con vezas por regiones según los clústeres de tamaño

Cronológicamente se ven algunas diferencias (tabla 3.84). En la segunda fase (1300-750 a.C.) la mayoría de las vezas pertenecen al clúster 2, el de tamaño intermedio, con una tendencia hacia las más grandes con un 18% en el clúster 1, el de mayor tamaño. En la tercera fase se vuelve a tener vezas intermedias, con un 64,3% y finalmente las que se encuentran entre el 500 y el 200 a.C., son algo más grandes, con un 52,2% de los individuos en el grupo grande y un 41,1% en el intermedio. A pesar de que si hay

diferencias cronológicas muy marcadas hay que tener en cuenta la diferencia del tamaño muestral ya mencionada.

Crono.	Grupo						
	1		2		3		Total
2200-1300 a.C.	7	18.42%	30	78.95%	1	2.63%	38
1300-750 a.C.	13	92.86%	1	7.14%	0	0.00%	14
750-500 a.C.	5	35.71%	9	64.29%	0	0.00%	14
500-200 a.C.	211	52.23%	166	41.09%	27	6.68%	404
TOTAL	236	50.21%	206	43.83%	28	5.96%	470

Tabla 3.84: Porcentajes de las veces de cada fase cronológica en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En la representación gráfica, las veces de la cuarta fase cronológica se sitúan cercanas al punto cero, estando más o menos equidistantes entre ellas salvo, de nuevo, la UE 27565 de Lattes (muestra 112 de la tesis) (figura 3.75). Las muestras de la segunda fase cronológica se sitúan muy próximas al clúster 2, el intermedio, pero todas ellas vienen de una única muestra de la Plana del Castell.

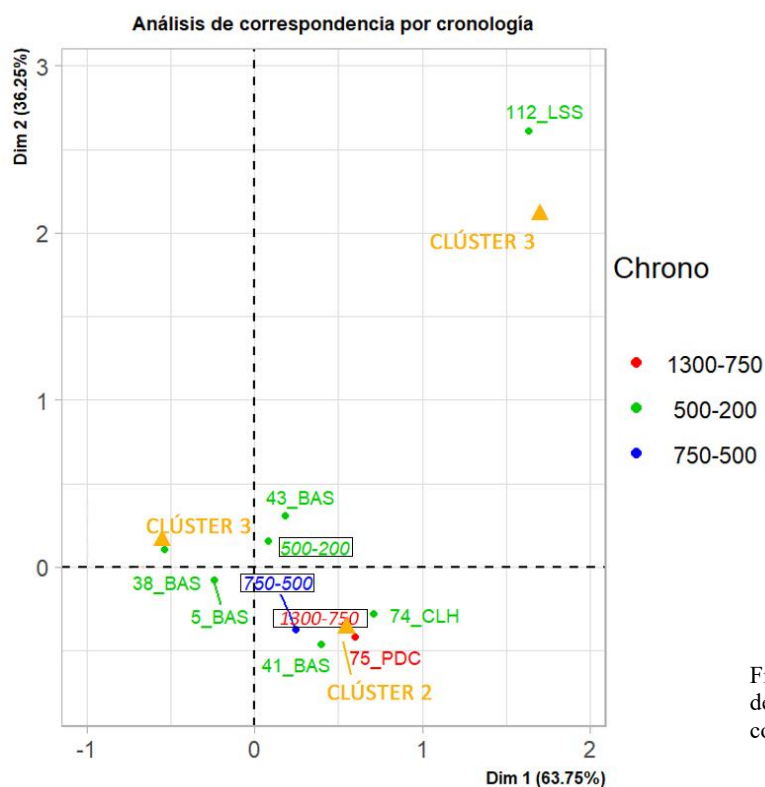


Figura 3.75: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras

Al comparar los yacimientos entre ellos se observa como La Bastida tiene las veces más grandes, con un 71,7% en el grupo de mayor tamaño (tabla 3.85). En Camps del Hospital y la Plana del Castell predomina el grupo intermedio con un 78,4 y 78,9% respectivamente. Por último, en Lattes, las semillas de veces son las más pequeñas, predominando el grupo de menor tamaño con el 51,7%.

Yac.	Crono.	Región	Grupo						
			1		2		3		Total
BAS	500-200	VAL	185	71.71%	71	27.52%	2	0.78%	258
CLH	500-200	CAT	16	15.69%	80	78.43%	6	5.88%	102
LSS	500-200	LAN	5	17.24%	9	31.03%	15	51.72%	29
PDC	1300-750	CAT	7	18.42%	30	78.95%	1	2.63%	38
TOTAL			213	49.88%	190	44.50%	24	5.62%	427

Tabla 3.85: Porcentajes de las veces de cada yacimiento en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

En tres de las 4 muestras de La Bastida predomina el grupo de mayor tamaño, con valores entre el 80 y 50%, mientras que en la muestra procedente del Dept254, predomina el grupo intermedio con un 72,7% (tabla 3.86). La muestra con veces más pequeñas es la UE 27565 de Lattes con un 60% en el grupo de menor tamaño, destacando fuertemente sobre el resto ya que la siguiente muestra con mayor porcentaje de veces más pequeñas es el Espacio 260 de la Bastida con un 10%. La Plana del Castell y Camps del Hospital, solo tienen una muestra, por lo que sus valores son los mismos que en la comparación anterior. Las diferencias entre las veces de la Bastida pueden deberse a las diferencias muestrales ya comentadas en las comparaciones de las formas de veces.

M. tesis	Muestra	Yac.	Region	Grupo						
				1		2		3		Total
5	Dpt260	BAS	VAL	21	63.64%	12	36.36%	0	0.00%	33
35	10-E1	BLA	LAN	12	92.31%	1	7.69%	0	0.00%	13
38	Dpt217	BAS	VAL	149	80.54%	36	19.46%	0	0.00%	185
41	Dept254	BAS	VAL	3	27.27%	8	72.73%	0	0.00%	11
43	Esp260c3	BAS	VAL	5	50.00%	4	40.00%	1	10.00%	10
74	2034	CLH	CAT	16	15.69%	80	78.43%	6	5.88%	102
75	E-14-CI	PDC	CAT	7	18.42%	30	78.95%	1	2.63%	38
112	27565	LSS	LAN	2	20.00%	2	20.00%	6	60.00%	10
TOTAL				215	53.48%	173	43.03%	14	3.48%	402

Tabla 3.86: Porcentajes de las veces de cada muestra en los tres grupos de tamaño, ordenados de mayor a menor, obtenidos con el análisis de conglomerados

Al representar las muestras por yacimientos (figura 3.76), se aprecia como la muestra del departamento 217 (la 38 en la tesis) se difiere del resto de muestras de la Bastida al estar prácticamente en el mismo punto que el clúster 1, teniendo vezas más grandes que el resto, que se encuentran entre los clústeres 1 y 2. Las dos muestras de Cataluña son muy similares entre ellas a pesar de pertenecer a cronologías diferentes y por último vuelve a destacar el caso de las vezas del yacimiento de Lattes.

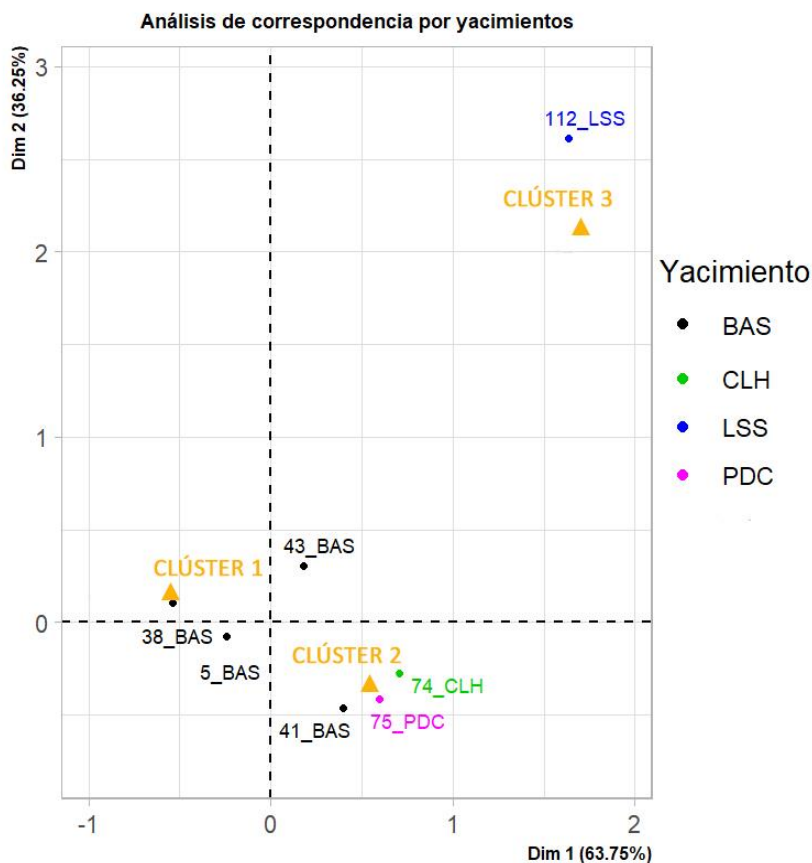


Figura 3.76: Mapa bidimensional de los resultados del análisis de correspondencia de las muestras con vezas por yacimientos según los clústeres de tamaño

3.5.2.6.3 Tamaño y forma

Los clústeres obtenidos en ambos tipos de variables están relacionados entre ellos, ya que el valor de P del test de χ^2 fue de 0,008. En el análisis de correlación de Spearman, el resultado del coeficiente de relación fue de 0,12 y el valor de p fue de 0,012, en este caso se rechaza la hipótesis nula, existiendo diferencias estadísticas significativas entre la relación de los clústeres de forma con los de tamaño. Sin embargo, el coeficiente de correlación solo estima en un 12% la relación entre ambos. Para analizar más

detalladamente la relación entre cada clúster de forma con los de tamaño se ha realizado una tabla de contingencias entre los clústeres (tabla 3.87), observándose una cierta relación entre la forma 1 y las veces de mayor tamaño, ya que el 60,8% se corresponden al grupo de mayor tamaño, frente a un 46,6% de la forma 2 y un 44% de la forma 3.

Clústeres de forma	Clústeres de tamaño						
	1		2		3		Total
1	87	60.84%	45	31.47%	11	7.69%	143
2	90	46.63%	95	49.22%	8	4.15%	193
3	59	44.03%	66	49.25%	9	6.72%	134
TOTAL	236	50.21%	206	43.83%	28	5.96%	470

Tabla 3.87: Tabla de contingencia entre los clústeres de forma (en las filas) y los clústeres de tamaño (columnas) ordenados de mayor a menor

Tras analizar todos los datos anteriores se visualiza cierta tendencia entre las formas del clúster 1 y los tamaños más grandes. Un caso concreto son las veces de la muestra 38 (departamento 217 de la Bastida), en la cual se da esta combinación, además de ser la única muestra de este yacimiento marcadamente diferente al resto, por lo que podría indicarnos la presencia de otra variedad o subespecie. Tanto en la forma como en el tamaño la muestra de Lattes se encuentra muy diferenciada del resto, sin embargo, al tener solo diez individuos pueden existir varios factores que expliquen estas diferencias, como la presencia de semillas inmaduras en la muestra. Ambos yacimientos catalanes presentan similitudes en la forma y el tamaño, existiendo una vinculación regional ya que proceden de distintas cronologías, pudiendo ser alguna variedad o variedades similares entre ellas. En el resto de yacimientos también se aprecia una vinculación bastante regional, este hecho es interesante ya que al ser una especie que no está muy clara su domesticación, la presencia de diferencias regionales podría indicar una recolección o domesticación de individuos locales en cada área, sin embargo, harían falta más datos y comparaciones actuales para poder indagar en esta idea.

3.5.3 Conclusiones

Los resultados de los análisis lineales discriminantes realizados en las semillas arqueológicas que no presentaron dudas en su identificación han generado modelos predictivos precisos y muy similares a los obtenidos en las leguminosas actuales carbonizadas, evidenciando el alto índice de efectividad de estos análisis al aplicarse en individuos arqueológicos. La superposición de las especies también es similar entre ambos tipos de materiales, destacando especialmente la coincidencia entre las formas de los guisantes y las veces, las almortas y los guisantes y los yeros con las almortas. Estas

semejanzas siempre han sido un problema en la identificación taxonómica de estas especies, hecho que la estadística confirma.

A pesar de estos hechos, los resultados obtenidos en los diferentes modelos creados utilizados como muestras de adiestramiento sobre otras muestras independientes en las cuales conocíamos de ante mano su identificación, son muy prometedores. Los porcentajes de acierto de los modelos basados en las variables de forma son bastante altos, permitiendo aplicarlos en individuos cuya identificación no sea clara para poder obtener una idea aproximada de su taxón a través de la estadística, siempre teniendo en cuenta que hay cierto margen de error. Las predicciones obtenidas con modelos basados en los datos de tamaño fueron menores que las de forma, especialmente cuando se utilizaron como muestra de adiestramiento sobre otra independiente, obteniendo resultados en torno al 50%. Por último, los modelos creados experimentalmente utilizando las variables de forma y tamaño conjuntamente transformadas a través de tres análisis de componentes diferentes dieron muy buenos resultados cuando los valores de la muestra de adiestramiento se obtenían de la muestra de estudio. Sin embargo, cuando la muestra de adiestramiento y la de estudio eran independientes los resultados fueron muy bajos, incluso menores al porcentaje aleatorio que se obtendría si se realizase al azar. Estos resultados descartan por completo los modelos basados en la forma y tamaño conjuntamente y desaconsejan los modelos de tamaño, mientras que los modelos basados en la forma se muestran muy precisos y bastante fiables.

Los resultados obtenidos al aplicar tres modelos diferentes sobre materiales arqueológicos con dudas en su identificación han aportado resultados muy positivos, pudiéndose establecer la especie estadísticamente más semejante en su forma, con algunos errores, especialmente en las semillas mal conservadas o con partes rotas. El caso de Baume Layrou, con individuos reidentificados en su mayoría como guisantes, es un ejemplo de cómo estos modelos pueden ayudar a identificar un conjunto de semillas similares que presenten algún tipo de duda en su identificación.

Las comparaciones interespecíficas de las variables de tamaño y forma (por separado), han aportado información sobre las diferencias que se dan en estas especies a niveles regionales y cronológicos. Hay que tener en cuenta que la mayoría de yacimientos de las fases cronológicas más antiguas se encuentran en las áreas del sur, mientras que no se han conseguido leguminosas de las fases más modernas de la región andaluza, pudiendo de esta forma estar relacionadas las variables de regionales y cronológicas. Las diferencias entre yacimientos de una misma región y con cronologías similares son muy interesantes ya que aquí las diferencias pueden estar ocasionadas por diferentes variedades o sistemas de cultivo, hecho que se puede apreciar en ocasiones dentro de un mismo yacimiento.

Como se señalaba al comienzo de las comparaciones intraespecíficas, se ha desarrollado un modelo experimental para determinar si existen diferentes morfotipos dentro de una misma especie de leguminosas y ver si se distribuyen de formas diferentes en las diferentes regiones, fases cronológicas, yacimientos y muestras de un mismo yacimiento. Los resultados obtenidos nos demuestran que este hecho es posible con los análisis morfogeométricos, por lo tanto, podemos observar tanto posibles variedades como cambios

producidos por las condiciones medioambientales o incluso factores tafonómicos. En algunos casos existen diferencias muy significativas en formas y tamaños en muestras de un mismo yacimiento en una misma fase cronológica, como las lentejas de Font de la Canya y las vezas de la Bastida. En los yeros, probablemente debido a la falta de individuos analizados, no se han percibido diferencias entre muestras, ni regionales ni cronológicas, explicándose las diferentes formas y tamaños identificados por la variabilidad existente dentro de la misma especie o variedad, como la posición que tienen las semillas dentro del fruto o a otros factores. En las habas se han observado diferencias en la forma y en los tamaños de las semillas, sin embargo, estas diferencias se aprecian geográfica y cronológicamente, no apareciendo grandes diferencias dentro de un mismo yacimiento o fase cronológica salvo alguna excepción, por lo que, si las diferentes formas indicasen diferentes variedades, estas no se están cultivando o consumiendo paralelamente, sino que parece que estas posibles variedades cambian a lo largo del tiempo o de las regiones. En algunas muestras si se han observado diferencias respecto a las otras muestras del mismo yacimiento, como la forma de las habas de la UE 6019 de Eras o el tamaño de las habas de la UE 5048 del mismo yacimiento; hecho similar al observado entre las habas de las dos muestras de Le Cailair. El caso de los guisantes es algo similar al de las habas, con diferencias cronológicas y regionales bastante marcadas en forma y tamaño, aunque estas diferencias no se aprecian mucho dentro de un mismo yacimiento. Por último, las almortas también presencian ciertas diferencias en forma y tamaño, principalmente a nivel cronológico y también dentro de un mismo yacimiento, existiendo la posibilidad de tener diferencias de ambas especies de almortas o de variedades de una de estas especies.

Por lo tanto, en las lentejas, las almortas y las vezas se aprecian diferencias de formas y tamaños tanto a niveles geo-cronológicos como dentro de un mismo yacimiento, pudiendo coexistir varias variedades de una misma especie en un mismo momento y lugar concreto. En las habas y los guisantes se aprecian las diferencias geo-cronológicas, pero no hay tantas diferencias dentro de un mismo yacimiento, salvo por algunas excepciones. Por último, en el caso de los yeros no se han podido establecer diferencias que se puedan explicar más allá de la variabilidad interna de una misma variedad o especie, probablemente debido al escaso número de restos.

Respecto a la relación entre las diferentes formas y tamaños se ha visto que no existe una correlación exacta entre estos factores, pero sin embargo sí que existen parcialmente, especialmente en algunos casos concretos donde la influencia entre una forma y un tamaño es bastante marcada, como en las lentejas. Los datos obtenidos en la experimentación sobre carbonización de leguminosas previamente remojadas en agua también podría ser una explicación en las muestras que tienen un tamaño mayor que el resto de su yacimiento, pero sus formas son las mismas, sin embargo, harían falta más datos experimentales para poder establecer esta posible causalidad en las diferencias de tamaño.

Los resultados obtenidos han sido muy prometedores, confirmando de forma clara la posibilidad de diferenciar entre diferentes tipos de formas o de tamaños dentro de las especies arqueológicas de leguminosas, el cual era el principal objetivo de esta sección.

Hay que tener en cuenta que a diferencia de los estudios realizados en semillas de uva (Bonhomme, et al., 2021; Bonhomme, et al., 2021; Bouby et al., 2018; Pagnoux et al., 2021; Terral et al., 2010) o cebada (Ros et al., 2014; Wallace et al., 2018), nosotros hemos establecido los grupos de forma dentro de cada especie sin tener información actual de las diferencias de forma que existen entre las diferentes variedades de una misma especie. Los resultados obtenidos establecen grupos de forma con diferencias marcadas que podrían deberse a diferentes factores, aunque algunos indicios ya vistos abren la posibilidad de tratarse de diferentes variedades, entre otras causas. Los datos de los isótopos estables realizados en lentejas previamente analizadas con morfometría geométrica tienen cierta relación con el tamaño, aunque no de forma significativa, por lo que las variables de forma y tamaño parecen no estar relacionadas únicamente con la irrigación o pluviosidad. Los datos de las habas de Eras y el Cerro del Alcázar, aunque algo más indirectos al realizarse anteriormente los análisis isotópicos, parecen no mostrar grandes diferencias ni en $\Delta^{13}\text{C}$ ni en sus tamaños y formas.

Con todos los datos observados, analizados y comparados estadísticamente parecen indicar que, en algunos casos, las diferencias de forma y tamaño podrían deberse a causas no ambientales, por lo que podrían ser las características fenotípicas de diferentes variedades de las especies cultivadas. En las muestras donde las diferencias son únicamente en el tamaño, este hecho podría deberse al remojo o embebido de las semillas antes de su carbonización.

Para mejorar este tipo de estudios sería muy interesante realizar una profunda investigación que crease una base de datos con la información de forma y tamaño de las diferentes variedades actuales de especies de leguminosas. Aunque las variedades arqueológicas pueden estar extintas actualmente, se podría establecer grupos de variedades actuales y comparar cuales son más semejantes a las arqueológicas, como se ha realizado con las uvas o las cebadas en los trabajos citados. Con estos datos también se podría establecer si los factores de forma o de tamaño influyen más en las diferencias entre las variedades actuales, aplicando los resultados en los datos de forma o tamaño de las semillas arqueológicas estableciendo posibles semejanzas. Otra vía bastante prometedora es realizar más análisis morfo-geométricos en las semillas en las cuales se realicen análisis de isótopos estables para estudiar cómo influye la mayor o menor irrigación en la forma y el tamaño y si las diferentes variedades pueden tener niveles de $\Delta^{13}\text{C}$ similares a pesar de tener tamaños y formas diferentes.

3.6 Tafonomía de las leguminosas analizadas

En este apartado se han interpretado los datos disponibles sobre los posibles procesos tafonómicos que pueden haber sufrido las leguminosas arqueológicas de nuestro marco de estudio. En concreto ya hemos realizado una experimentación sobre los efectos de la carbonización en el capítulo 3.4. En este apartado nos centramos en el estado de conservación de las leguminosas reestudiadas en nuestra investigación además de otras observaciones realizadas por otros investigadores anteriormente.

3.6.1. Conservación de las radículas y testas

Al reestudiarse los materiales arqueológicos para el análisis morfo-geométrico se decidió crear una cuantificación sobre el estado de conservación de las leguminosas, pudiéndose comparar de esta forma las diferentes muestras, taxones o contextos arqueológicos entre ellos. El hecho de conocer el estado de conservación de las semillas de un contexto determinado puede ayudar a interpretar si estos restos se encuentran de forma *in situ* o no, aunque siempre como una información adicional.

En otras publicaciones (Caracuta et al., 2017), se ha utilizado el estado de conservación de la radícula de leguminosas para sugerir una posible combustión *in situ* de estas semillas; sin embargo, no se realizó una cuantificación, por lo que esta propuesta metodológica es nueva al no haberse aplicado nunca un sistema de medidas sobre la conservación de las leguminosas. Aunque esta cuestión siempre es complicada, consideramos que esta información junto a otros datos puede ayudarnos en la interpretación de ciertas estructuras; sin olvidar que el estado de conservación de las semillas también puede deberse a otros factores como la temperatura o el tipo del suelo. Este análisis se ha realizado solo sobre las semillas de esta familia, por lo que la falta de otros taxones también puede condicionar los resultados, ya que como se ha visto anteriormente algunas especies son más resistentes que otras.

Para interpretar si las semillas de las distintas unidades estratigráficas han sufrido más o menos fenómenos tafonómicos hemos decidido cuantificar el estado de conservación de las radículas y las testas. Siempre partiendo de la premisa de que los restos que han sufrido más procesos y movimientos una vez carbonizados se encuentran peor conservados, con radículas y testas más deteriorados. Para poder comparar los diferentes estados de conservación se ha realizado la siguiente clasificación:

3.6.1.1 Metodología

Radícula:

- Sin Radícula (rn): Categoría en la cual se han clasificado las semillas en las cuales no se conserva la radícula o una parte muy pequeña de la misma (figura 3.77), por debajo del 25% de su total. Para cuantificar estos datos se ha otorgado un valor de 0 a las semillas establecidas aquí
- Radícula parcial (rp): Se han incluido en este nivel los casos en los cuales se conserva entre un 25 y un 50% de esta parte de la semilla. En la cuantificación se les ha valorado con 1.
- Radícula casi entera (rce): Las semillas en las cuales esta parte se conserva entre un 50 y 75% se han clasificado con esta denominación, cuantificándolas con un valor de 2.
- Con radícula (rs): Por último, se encuentran en esta categoría las semillas cuya radícula se conserva entre un 75 y el 100%. Se han cuantificado con un valor de 4 estos casos.



Figura 3.77: Ejemplo de tres lentejas de Font de la Canya sin radícula (izq.) con radícula parcial (centro) y con la radícula completa (drcha.).

Testa:

- Sin testa (tn): En este nivel se han clasificado las semillas cuya testa no se ha conservado o únicamente se conservan trozos minoritarios de la misma (figura 3.78), por debajo del 33% del total. Para cuantificar este dato se le ha otorgado un valor de 0
- Testa parcial (tp): En esta categoría se incluyen a los individuos en los cuales esta parte se ha conservado en un nivel intermedio, entre un 33 y 66% aproximadamente. Su valor en la cuantificación es de 1.

- Testa completa (ts): Por último, las semillas con prácticamente toda su testa conservada se han incluido en este nivel, con un valor en la cuantificación de 3.

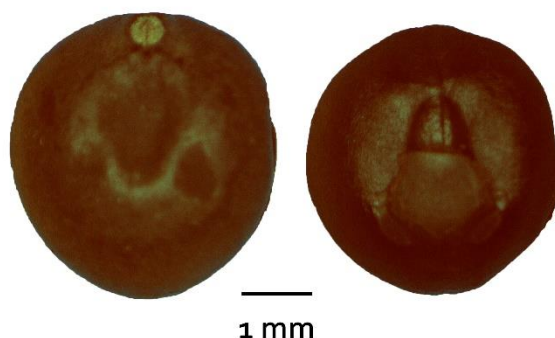


Figura 3.78 Guisante actual carbonizado con testa (izq.) y el mismo guisante sin testa (drcha.)

Una vez clasificadas las semillas en las diferentes categorías, se han sumado los valores otorgados a la conservación de la radícula con los de la testa, obteniendo de esta forma un valor para cada semilla, este valor se ha denominado como Índice de Conservación. El valor más bajo, cero, lo obtienen las semillas peor conservadas, mientras que las que se encuentran en óptimas condiciones obtienen un valor total de 7.

Para realizar las comparaciones se ha calculado la media ponderada de todas las semillas de un mismo taxón en cada muestra, permitiéndonos comparar el índice de conservación de una misma especie en dos muestras diferentes. Por otro lado, también se ha calculado la media total de este índice en una muestra, pudiendo de esta forma conocer el estado de conservación general de un estrato y comprar de esta forma los diferentes contextos arqueológicos entre ellos. Por último, se ha calculado la media ponderada del Índice de Conservación de cada taxón, observando si hay especies mejor conservadas que otras. También se ha realizado el mismo cálculo con los contextos arqueológicos, agrupándolos en tres categorías; 1) rellenos/basureros, 2) niveles de uso y 3) derrumbes, con la intencionalidad de ver diferencias de conservación entre las estructuras que tiene más probabilidades de tener restos *in situ* con las que no.

3.6.1.2 Resultados

Los resultados generales, que se recogen en el Anexo XVIII, muestran como algunos taxones se conservan peor que otros. Los yeros ha sido la especie que mejor preserva sus radículas y testas, con un Índice de Conservación de 3,27, seguidos por las almortas, guisantes, habas, lentejas y vezas (figura 3.79). Consideramos que estos valores no indican realmente la resistencia de estas semillas a la carbonización ya que en la experimentación realizada sobre este proceso no coinciden los taxones que más resisten este proceso. Hay que tener en cuenta que las muestras muy bien conservadas pueden

alterar estos índices, ya que sus semillas son mayoritarias en algunos taxones; sin embargo, sí que aportan información útil sobre los posibles procesos posteriores a la carbonización, como su localización *in situ* o su desecho en otros contextos donde no fueron carbonizadas.

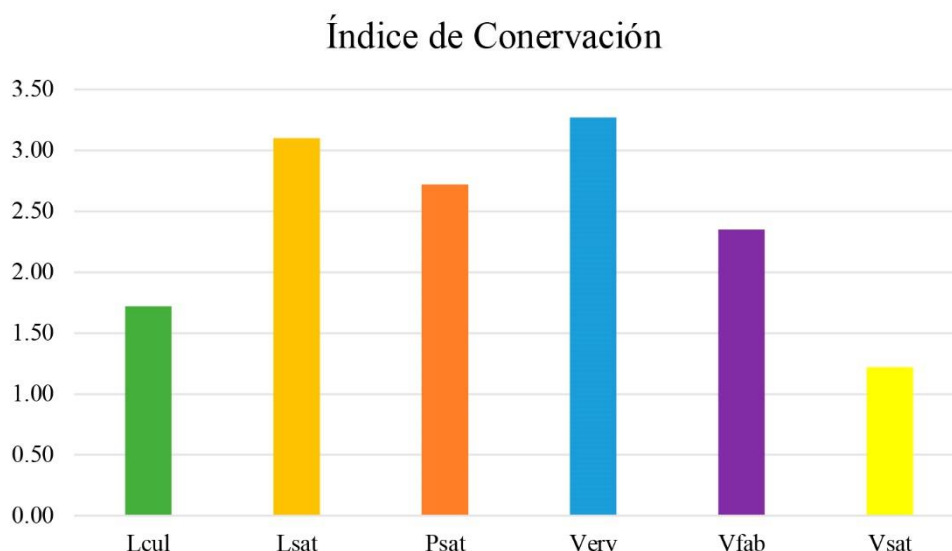


Figura 3.79: Media ponderada del índice de Conservación de los 6 taxones principales de leguminosas del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.

Si se observan los valores de cada taxón en cada tipo de contexto se aprecia una tendencia bastante significativa. En las unidades estratigráficas procedentes de estructuras donde los restos arqueológicos fueron depositados de forma secundaria como basurero o relleno, el Índice de Conservación de cada una de ellas es menor que en los contextos procedentes de niveles de uso, cuyos restos se encuentran probablemente *in situ*. Únicamente existe una excepción, los guisantes (tabla 3.88); sin embargo, prácticamente la totalidad de ellos proceden de una misma muestra, la UE 53030 de Lattara, estrato procedente del relleno de una fosa, por lo que sus valores pueden estar modificados por este hecho. Aunque probablemente estos restos se encuentren depositados de forma secundaria, por diferentes motivos pueden estar mejor conservados que otros individuos situados *in situ*, ya que este análisis sobre el estado de conservación es muy general y solo orientativo. En el caso de las lentejas y los yeros, ambas especies mantienen la tendencia general de estar peor conservadas en contextos de relleno o basurero, sin embargo, solo hay 14 yeros en este tipo de contextos, mientras que en las lentejas es al contrario, con casi todos sus individuos (1487) en estos tipos de estratos y solo 35 en niveles que podrían tener materiales *in situ*.

Tafonomía por contexto y especie			
Contexto	Taxa	Media ponderada	Individuos
Relleno/ Basurero	Lcul	1,69	1487
	Lsat	2,25	324
	Psat	2,95	227
	Verv	2,21	14
	Vfab	1,52	462
	Vsat	1,01	227
	TOTAL	1,78	2741
Nivel de uso	Lcul	2,11	35
	Lsat	3,18	2379
	Psat	2,57	331
	Verv	3,28	127
	Vfab	2,59	1354
	Vsat	1,43	212
	TOTAL	2,87	4438
Derrumbe	Lcul	2,33	3
	Lsat	2,90	192
	Psat	2,44	9
	Verv		0
	Vfab	2,34	241
	Vsat		0
	TOTAL	2,51	445

Tabla 3.88: Valores del índice de Conservación de cada taxón en cada uno de los tres tipos generales de contextos

Al agrupar todas las muestras y taxones por el tipo de contexto, se confirma la tendencia observada anteriormente, ya que en las muestras procedentes de estratos cuyos restos probablemente se encuentran *in situ*, como suelos, recipientes cerámicos, hogares etc., tienen un Índice de Conservación más alto que el resto, con un valor global de 2,87 frente al 1,78 de los restos procedentes de estratos que probablemente se encuentren depositados de forma secundaria (figura 3.80). Se ha establecido un tercer grupo de contextos en los cuales se recoge la información de los derrumbes, ya que en ocasiones los restos de frutos y semillas procedente de estos niveles pueden proceder de estructuras de almacenamiento situadas en paredes, como baldas o sacos colgados o de estructuras superiores, como atillos.

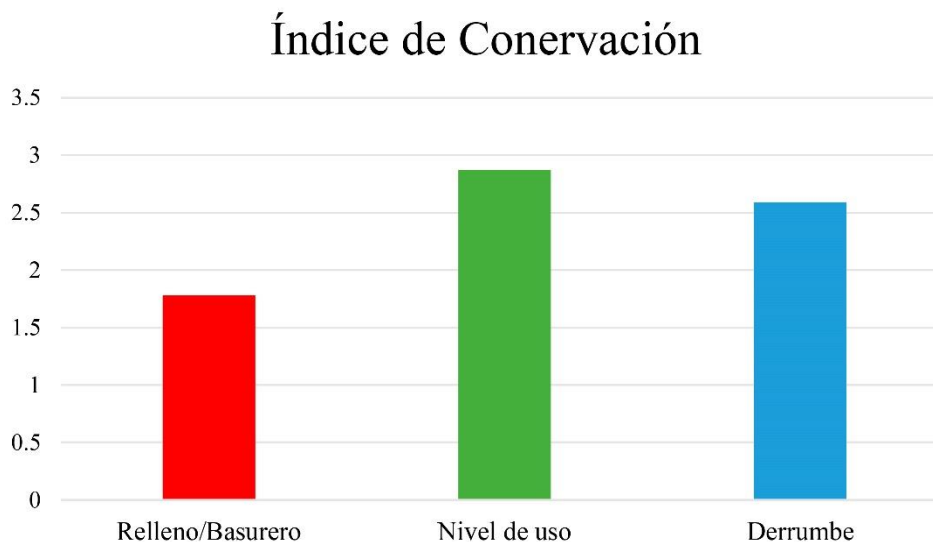


Figura 3.80: Media ponderada del índice de Conservación de los 3 grupos principales de contextos arqueológicos

3.6.2. ¿Qué nos dice la tafonomía de las leguminosas?

Durante el proceso de carbonización de las semillas de leguminosas y cereales se ha observado cómo las primeras son menos resistentes que las segundas, especialmente cuando la temperatura supera los 350 grados centígrados. Entre las leguminosas se conservan mejor las de menor tamaño, como las lentejas microespermáticas y los yeros, mientras que las especies con semillas de tamaño intermedio como las vezas se conservan algo menos. Por último, las especies más grandes, como guisantes y especialmente las almortas, habas y lentejas macroespermáticas se conservan en menores porcentajes que el resto de especies.

Por otro lado, experimentaciones anteriores sobre carbonización de lentejas y cereales observaron como las primeras tienen más problemas para carbonizarse, ya que a bajas temperaturas el porcentaje de semillas no carbonizado es mayor. Como el material no carbonizado no se conserva, esta especie puede estar infrarrepresentada respecto a los cereales (Antolín, 2012; 2016)

Por otro lado, experimentaciones realizadas sobre la fragmentación de diferentes especies de cereales y leguminosas durante la flotación y el cribado en columna con agua, muestran como el primer sistema es menos agresivo para todos los tipos de restos (Mareković & Šoštarić, 2016). Además, se observa como la cebada es la especie que mejor se conserva en todos los casos, mientras que las lentejas y los mijos tienen los peores resultados. Las habas que utilizaron en esta investigación tienen resultados muy diferentes dependiendo

del yacimiento del que procedían; ya que no tuvieron casi fragmentación durante el tratamiento de la muestra en algunos casos, mientras que en otros este fue bastante alto.

Todos estos datos reflejan que por diferentes motivos tanto durante la carbonización como por el tratamiento de las muestras las leguminosas pueden estar infrarrepresentadas en los contextos arqueológicos, siendo uno de los motivos de su escasez en algunos yacimientos mientras que en otros su presencia es más evidente, siempre teniendo en cuenta su papel secundario.

El análisis sobre el estado de la conservación de las semillas de leguminosas arqueológicas carbonizadas a través de la radícula y la testa, puede aportar información sobre los diferentes procesos posteriores a la carbonización que han podido tener estos restos. Las comparaciones realizadas parecen indicar una tendencia a la presencia de individuos mejor conservados en los estratos donde los restos probablemente se han carbonizado *in situ*; mientras que en los contextos cuyas semillas probablemente se ha colocado o tirado de forma secundaria su Índice de Conservación parece ser menor. En los derrumbes, los valores de conservación están entre los dos casos anteriores, sin embargo, son más cercanos a los de las semillas que proceden de niveles de uso, por lo que se podría interpretarse como una evidencia más sobre que estas semillas procedan de estructuras de almacenamiento situadas en las paredes o altillos de las estructuras habitacionales.

Los resultados obtenidos pueden ayudar a la interpretación de si los restos procedentes de silos de almacenamiento se encuentran *in situ* o son aportados posteriormente en labores de limpieza de otros lugares. Las leguminosas documentadas en los diferentes silos del Mediterráneo Occidental, tienen Índices de Conservación menores que el resto de contextos, hecho que confirma la idea de que en este tipo de estructuras los restos identificados proceden de otros lugares y se depositan en los silos, que son reutilizados como basureros. Aunque en ocasiones, se han recuperado semillas procedentes de unidades estratigráficas situadas en el interior de silos con una conservación mejor que otras de contextos considerados *in situ*, como la UE 1215 b-4 de Font de la Canya, sus índices de conservación no son muy elevados, en torno a 3, por lo que este hecho puede darse a otros procesos post-carbonización. Por otro lado, la presencia de otros tipos de materiales arqueológicos como cerámicas o huesos no sometidos a altas temperaturas, indican a pensar que las semillas bien conservadas de estos silos no se carbonizaron en esta estructura, depositándose posteriormente junto a otros restos de otros contextos utilizándose estas estructuras como basureros.

En las investigaciones en las cuales se ha considerado la posible identificación de leguminosas *in situ* dentro de un silo (Caracuta et al., 2017; Garfinkel et al., 1987), se ha tenido en cuenta la presencia de una capa de estos restos en el fondo de la estructura. En el trabajo de Caracuta et al., se aportan más datos, como la descripción sobre el estado de las radículas, las cuales se describen como muy bien conservadas, pero sin llegarse a cuantificar, siendo una observación. También en ese estudio se realizó un análisis específico para determinar si se produjo un incendio en el silo que pudiese respaldar la

hipótesis de que estas semillas estuviesen in situ, sin embargo, los resultados no pudieron ni confirmar ni desmentir este hecho.

Por el menor Índice de Conservación de las semillas de los silos, la presencia de otros materiales arqueológicos no quemados y otros motivos que se analizan en profundidad en el apartado 5.3.8, consideramos que los silos probablemente no se hayan utilizado como sistemas de almacenamiento de estas especies en el marco geo-cronológico estudiado.

3.7 Leguminosas con marcas de entomofauna

3.7.1 Estudios previos

El almacenamiento de semillas en forma de grano puede ser muy efectivo y duradero; sin embargo, las legumbres, como todos los cultivos, sufren los efectos de diferentes afecciones derivadas de hongos, insectos y roedores, que pueden causar grandes pérdidas en estos productos almacenados. Hay que diferenciar entre las plagas anteriores a la cosecha y las posteriores (Häberle et al., 2022).

Para crear mejores condiciones para evitar estas plagas, los cereales podían almacenarse con parte de su paja o tamo. Aunque los ejemplos etnográficos y arqueológicos confirman este método de almacenamiento, no eran los más comunes (Alonso, 1999; Sigaut, 1988). A pesar de que no existen estudios específicamente dedicados a las legumbres, es de suponer que sus condiciones de previsión también mejoran cuando se almacenan con los restos de su vaina o planta. A pesar de la ausencia de ejemplos arqueológicos de legumbres almacenadas de esta manera en el Mediterráneo Occidental, es un tipo reconocido en otras partes del Mediterráneo, especialmente en Çatalhöyük (Turquía) (Bogaard et al., 2009). En la Monédière, se han identificado los posibles funículos de almortas, hecho que podría indicar su posible almacenamiento con la vaina (Pinaud-Querrac'h, 2021).

A nivel arqueológico únicamente tenemos evidencias de la afectación de algunos tipos de insectos en estas semillas, ya que solo podemos observar las marcas realizadas por los insectos que se alimentan del interior de los cotiledones, realizando agujeros que se conservan en las semillas arqueológicas carbonizadas. A pesar de que no podemos tener información directa sobre otro tipo de plagas, las realizadas por la entomofauna son las que más estragos realizan a este tipo de semillas almacenadas en sociedades tradicionales actuales (Reddy, 2006; Taruvinga et al., 2014), ocasionando pérdidas de hasta un 20% en el almacenamiento de leguminosas a nivel general. Otros estudios calculan en un 15% las pérdidas por plagas en cereales, de las cuales el 20% provienen, respectivamente, de los

hongos, los roedores y las aves, mientras que el 80% restante está relacionado con una variedad de insectos diferentes (Savary et al., 2019).

Otro tipo de plagas que se pueden observar a través del registro arqueológico son las causadas por la microfauna, en concreto por los roedores de la familia Muridae. Diferentes investigaciones han determinado que el ratón doméstico (*Mus musculus*) no se introduciría en el Mediterráneo Occidental hasta el I milenio a.C., mientras que la rata doméstica (*Rattus rattus*) y la rata parda (*Rattus norvegicus*) se introducirían posteriormente (Cucchi et al., 2012). Anteriormente a estas especies los roedores más frecuentes son los topillos y ratones de campo del género *Apodemus*, como se observa en yacimientos desde el Paleolítico en diferentes lugares de Europa (Häberle et al., 2022). Sin embargo, este tipo de plagas son más difíciles de observar directamente sobre las semillas, por lo que solo se puede vincular su existencia con la presencia de este tipo de microfauna en el registro arqueozoológico.

Ante esta dificultad, en nuestro estudio nos hemos centrado en las plagas procedentes de entomofauna, ya que son las únicas que dejan marcas visibles en las semillas, nuestro objeto de estudio, perdurando incluso después de la carbonización. Las semillas de los cereales son atacadas principalmente por el gorgojo del cereal (*Sitophilus granarius*) y sus dos parientes (*Sitophilus oryzae* y *Sitophilus zeamais*); sin embargo, las leguminosas son venenosas para este tipo de insecto, siendo estas atacadas por otras especies del género *Bruchus*, que son especialmente agresivas en estas especies cultivadas. Este género suele colocar sus huevos durante la floración de las leguminosas, desarrollándose en el interior de la misma, por lo que en ocasiones estas plagas suelen introducirse en los almacenes con las propias semillas, aumentando su impacto al salir de las semillas donde se desarrollaron y atacando al resto. Como ya se ha especificado en el capítulo 1, cada especie de leguminosa es atacada por diferentes insectos, siendo en su mayoría pertenecientes a este género. Las lentejas sufren principalmente de *Bruchus lentis* y *B. signaticornis*, el guisante y la veza de *B. pisorum* (Horne & Bailey, 1991) y el haba de *B. rufimanus* (Bruce et al., 2011; Purdy et al., 2011) Otros géneros de insectos que afectan a estas semillas almacenadas son *Caryobruchus*, *Callosobruchus* y *Hypera*.

Hasta la fecha se han realizado pocos estudios sobre la afectación de las plagas de invertebrados en las semillas almacenadas de cereales o leguminosas en nuestro marco de estudio. Sin embargo, en los últimos años está siendo una vía de investigación bastante activa, especialmente en niveles Neolíticos de yacimientos anegados, donde es más fácil su preservación, aunque también se han identificado de forma puntual en yacimientos secos. Se ha realizado una síntesis sobre la presencia de insectos de yacimientos neolíticos de Alemania, Israel, Grecia, Países Bajos, Suecia, Reino Unido y Francia (Panagiotakopulu & Buckland, 2018); también se han realizado trabajos de este tipo en los Balcanes (Obradovic, 2020); mientras que otros se centran en un yacimiento concreto, como en Les Bagnoles, en la Provenza, Francia (Häberle et al., 2022); o en la Caverna Delle Arene Candide (Arobba et al., 1999). Durante la Edad del Bronce, fuera de nuestra área geográfica se han identificado restos de insectos en el lago Bourget, Saboya, Francia (Pécéréaux, 2010). En cronologías más recientes se ha realizado una investigación sobre

el almacenamiento a largo plazo en el granero de Risco Pintado Temisas, en Gran Canaria, España (Henríquez-Valido et al., 2019). En nuestro marco de estudio se ha identificado la presencia de *Rhyzopertha dominica* en Punta Farisa, Fraga, Huesca, yacimiento del Bronce Medio (Alonso & Buxó, 1995) y en Siriguarach, Alcañiz, Teruel, datado en el siglo VII a.C. (Compte Perales, 1984).

Respecto a las plagas de insectos propios de leguminosas, se han encontrado restos arqueoentomológicos en Les Bagnoles, Francia, en concreto de *Bruchus pisorum* y *Bruchus rufimanus* que se pueden asociar a las diferentes especies de leguminosas cultivadas. Estos gorgojos se identificaron en estratos en los cuales también había restos de guisantes y de habas. En la investigación doctoral realizada por Andrés Teira, se recoge el porcentaje de habas en las cuales hay marcas de plagas de insectos (Teira Brión, 2019), dato muy interesante y que en pocos trabajos carpológicos se representa; también ha identificado un haba carbonizada en la cual se conservaba un gorgojo (*Bruchus cf. pisorum*) en su interior (figura 3.81).

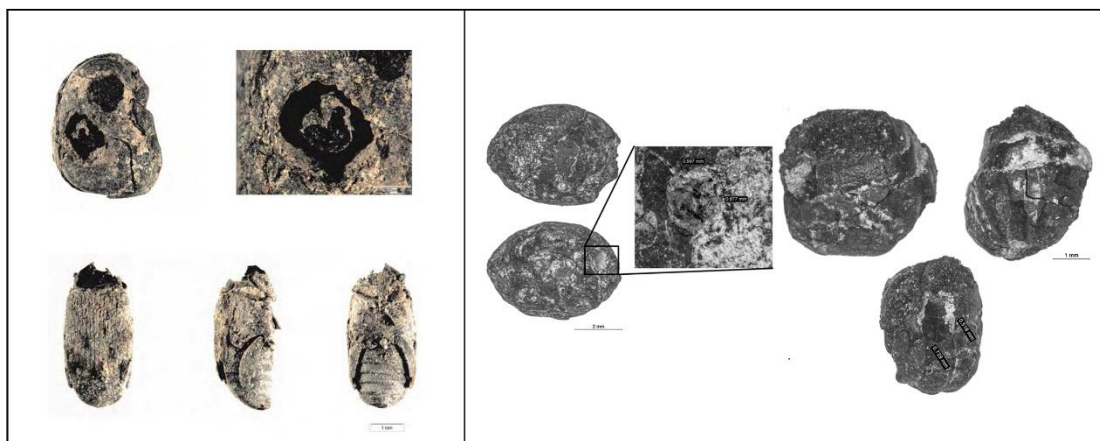


Figura 3.81: Izquierda: Semilla de haba con un gorgojo del guisante (*Bruchus cf. pisorum*) en su interior, procedente del Castro de Punta do Muíño do Vento, (Teira Brión, 2019). Derecha: Habas de Can Sadurní con marcas de entomofauna (Antolín & Schäfer, 2020)

Por último, se ha realizado un estudio concreto sobre las plagas de insectos en leguminosas durante el Neolítico, en el cual se describen los casos de Can Sadurní, (Begues, Barcelona) y del aparcamiento de la Ópera de Zúrich, en Suiza (Antolín & Schäfer, 2020). En el primer caso aparecen dos habas con agujeros de insectos (figura 3.81), mientras que en el segundo se han identificado restos de vainas de guisantes embebidas en agua junto a gorgojos del guisante; también se han recuperado restos de guisantes carbonizados. En ese trabajo se recoge la información sobre la presencia de leguminosas con marcas de plagas de insectos en Europa y el Próximo Oriente, destacando el aumento de las mismas durante la edad del Bronce y del Hierro, siendo en su mayoría habas, aunque con algunos casos de guisantes, yeros y *Lathyrus clymenum*. También se recopila la información sobre los restos arqueoentomológicos de *Bruchus*, los

cuales solo se encuentran en yacimientos con restos embebidos, sepultados por erupciones volcánicas o de ambientes extremadamente áridos.

3.7.2 Metodología

En esta investigación hemos cuantificado los individuos de leguminosas que presentan marcas de plagas de insectos. Durante nuestra revisión de las leguminosas se observó cómo los cotiledones presentan más este tipo de marcas que las semillas, hecho lógico ya que al estar afectadas por estos agujeros es más fácil que se separen de esta forma. Para incluir esta información, mas exacta que solo el porcentaje de las semillas afectadas, se ha decidido incluir los cotiledones en la cuantificación. Al no poder calcular si dos cotiledones son de la misma semilla se ha decidido dividir por dos el número de los cotiledones y posteriormente sumarlo al de las semillas, obteniendo de este modo un porcentaje mínimo de individuos afectados por las plagas de insectos en cada caso.

El porcentaje de semillas afectadas por plagas de insectos se ha calculado en cada uno de los seis taxones en cada muestra, también se ha calculado la media ponderada de este valor a nivel general en cada uno de ellos, además del porcentaje de las semillas agujereadas de toda una muestra. Con estos datos hemos podido comprobar si algunas especies tienen una mayor tendencia a sufrir este tipo de plagas; por otro lado, al tener la información del contexto de las diferentes muestras hemos observado si hay diferencias de afectación por insectos en una misma especie dependiendo del contexto arqueológico donde se localizaron, cronología o región geográfica.

En este estudio todas las evidencias han sido de las marcas realizadas por los diferentes gorgojos, no encontrando ninguna evidencia de los restos propios de los insectos en ninguna muestra del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio. Sin embargo, en un haba de Font de la Canya parece que dentro podría haber un insecto, aunque no se ha podido extraerlo ni identificarlo (figura 3.82)

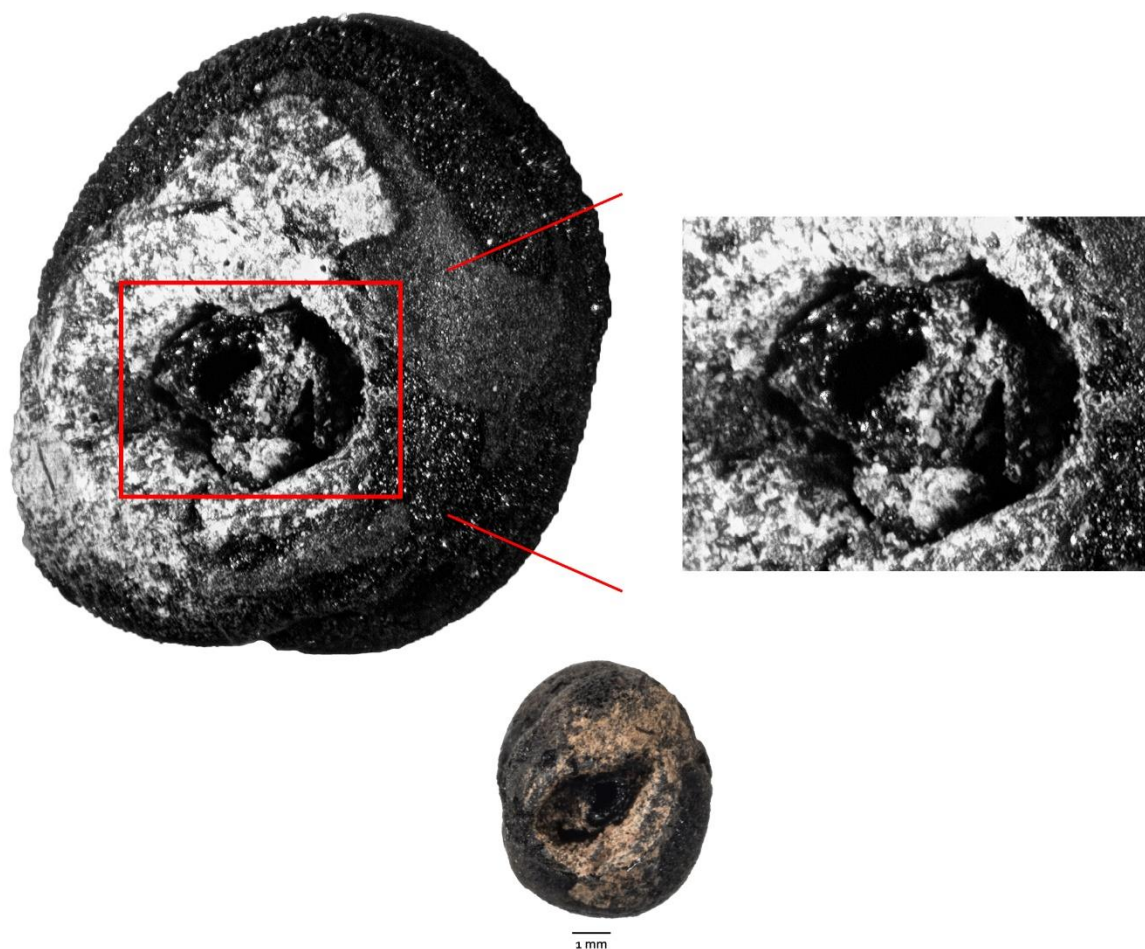


Figura 3.82: Haba con un posible gorgojo en su interior, procedente de Font de la Canya

3.7.3 Resultados

3.7.3.1 Muestras y taxones

Los resultados de cada taxón en cada una de las muestras pueden consultarse en el Anexo XIX. En general los individuos con marcas de este tipo de plagas son escasos, el taxón más afectado parece ser el haba, con un 5,61% de sus semillas con agujeros de gorgojos, a una relativa distancia está la veza, con un 2,12% mientras que los guisantes y las almortas solo tienen algo menos del 2% de sus individuos con estas marcas; mientras que en los yerros y las lentejas estos porcentajes son menores a un 1% (figura 3.83).

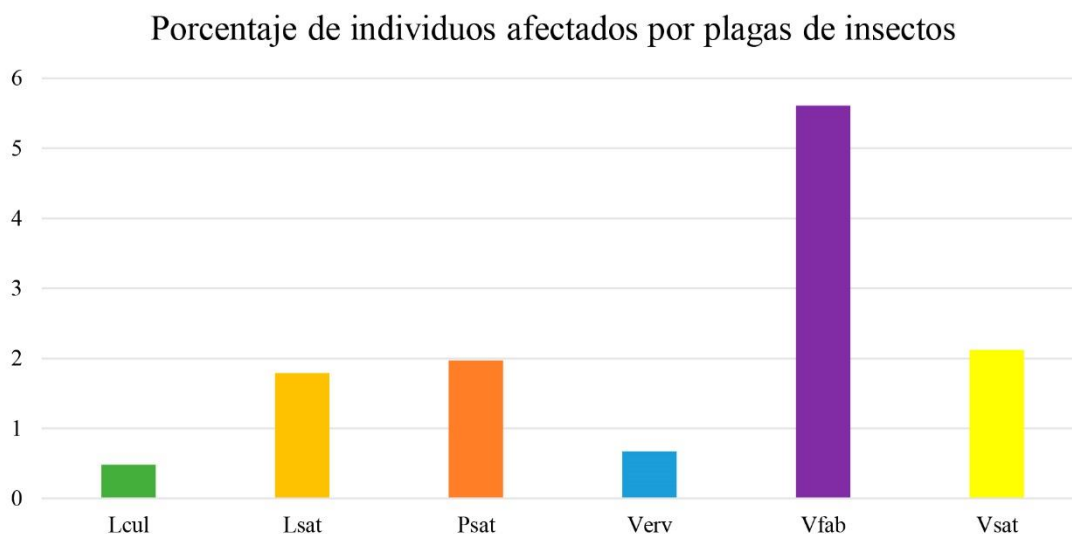


Figura 3.83: Porcentajes de semillas con marcas de entomofauna de cada especie de leguminosa cultivada en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.

Sin embargo, en algunas muestras concretas estos porcentajes pueden ser bastante superiores. Si descartamos los casos en los que un taxón de una muestra concreta tiene menos de 10 individuos, para evitar posibles distorsiones, observamos como los guisantes de la UE 50053 de Lattara, procedente de un relleno, tienen un 50% de sus 14 individuos afectados. Este porcentaje tan elevado hay que interpretarlo con cuidado, ya que hay pocos individuos. El siguiente ejemplo de una especie concreta con un porcentaje alto de semillas con marcas de plagas de insectos son las habas de la UE 1140 de Font de la Canya, con un porcentaje del 21% de sus 56 individuos afectados. Entre un 10 y un 20% se encuentran las habas de 8 muestras de diferentes yacimientos en las cuales hay bastantes semillas, mientras que el resto de especies prácticamente no tienen altos porcentajes de estas marcas, con una sola muestra de 10 yeros, de los cuales el 16% está afectado y otra de almortas con un 11% de sus 27 individuos (figura 3.84).



Figura 3.84: 1: Cotiledones de habas con marcas de insectos, procedentes de Font de la Canya. 2: Habas con marcas de entomofauna, procedentes de Font de la Canya. 3: Almortas afectadas por plagas de insectos, procedentes de La Monédière. 4: Guisantes de Lattara con afectaciones por gorgojos. Fotos: Audiovisuales UdI

Por último, hay 10 muestras en las cuales alguno de los taxones de leguminosas con más de diez individuos tiene entre un 5 y 10% de sus semillas afectadas por estas plagas. De nuevo las habas destacan sobre el resto ya que en 5 de los 10 casos se corresponden a esta especie. Los guisantes aparecen en dos muestras en este rango, en ambos casos con un 5% de ellos infectados. Por otro lado, con una sola muestra están las lentejas, con un 8% de sus 78 individuos infectados; las almortas, con un 7% de sus 78 semillas agujereadas; y las vezas, especie que aún no había aparecido y que tiene afectadas el 5% de las 267 semillas de la UE 2034 de Camps del Hospital, procedentes de un relleno.

Al observar las muestras con más porcentaje de individuos con evidencias de plagas de insectos (Anexo XIX), se confirma la tendencia observada en la media general de los taxones, ya que la mayoría de los casos en los cuales hay más de un 5% de semillas infectadas son de habas, mientras que el resto de taxones presentan datos bastante alejados de este taxón. En el caso de las lentejas, la especie con menos semillas infectadas, solo 9 individuos tienen estas marcas y 6 de ellos se encuentran en la UE 1215b-4 de Font de la Canya, en un nivel procedente del relleno de un silo. En los yeros, solo hay una semilla y

un cotiledón con estas marcas, ambos identificados en la UE 1412 de Lattara, en un contexto de relleno.

3.7.3.2 Contexto arqueológico

Para comparar los contextos arqueológicos de los cuales proceden los individuos estudiados se ha calculado el porcentaje afectado por plagas de insectos de dos formas, a nivel general en cada contexto, independientemente de la especie a la que corresponde cada resto y de forma desglosada, mostrando estos mismos porcentaje de cada taxón en cada región.

Si comparamos solo los contextos, sumando los datos de todos los taxones de un mismo tipo de estrato, el porcentaje de semillas afectadas en los rellenos es del 3,18%, frente a un 2,39% de los niveles de uso y un 0,65% de los derrumbes (figura 3.85). En este último tipo de contexto hay pocos individuos, solo teniendo datos significativos de almortas y habas, en ambos casos con porcentajes de semillas con evidencias de plagas muy bajos, un 0,19 y 1,5% respectivamente. Este dato es particularmente interesante ya que la presencia de semillas en los derrumbes se asocia con almacenamiento en altillos o estantes (López, et al., 2011; Montes Moya, 2014).

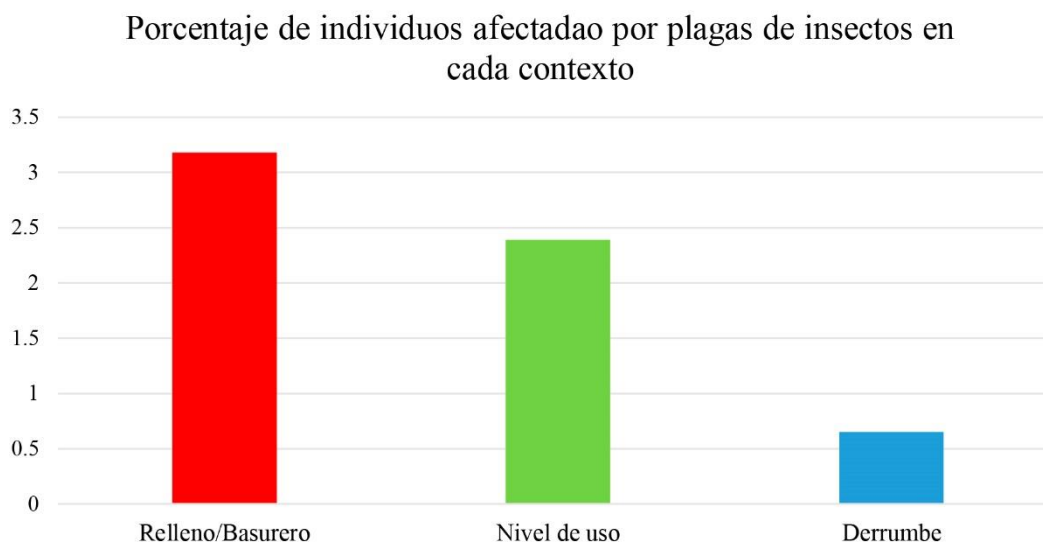


Figura 3.85: Porcentajes de individuos con evidencias de afectaciones por entomofauna en cada tipo de contexto arqueológico

Si se compara la media ponderada de cada especie en cada tipo de contexto arqueológico general que hemos establecido (relleno/basurero, nivel de uso y derrumbe), se aprecia cómo todos los taxones, salvo las lentejas, tienen menos semillas afectadas en los

contextos de niveles de uso que en los rellenos (tabla 3.89). Este hecho es especialmente relevante en los yeros, con un 14,7% de semillas afectadas en los rellenos y ninguna en los niveles de usos, hay que señalar que la mayoría de los individuos se han localizado en este segundo tipo de contexto. Las habas, especie bien representada en ambos tipos de estratos arqueológicos, también tienen grandes diferencias, pasando de un 10,5% de individuos afectados en los rellenos a un 4,6% en los niveles de uso. Los guisantes, también bien representados en estos dos contextos, tienen un 2,6% de sus semillas afectadas en los rellenos y un 0,9% en los niveles de uso; valores más o menos similares a los de las vezas, que pasan de un 2,6% en el primer tipo a un 1,2%. En las almortas también se aprecia una mayor presencia de semillas afectadas por plagas en los estratos de rellenos (2,51%) que en los niveles de uso (1,91%), sin embargo, la diferencia es algo menor que en los casos anteriores, en los cuales el porcentaje del primer tipo de contextos es mayor que el doble que el segundo. Las lentejas tienen más semillas afectadas en los niveles de usos, sin embargo, la gran diferencia entre los individuos de un contexto (1591) con el otro (49) pueden causar este efecto.

Porcentaje de individuos afectados en cada contexto y taxa			
Contexto	Taxa	% Individuos Afectados	Individuos Totales
Relleno/Basurero	Lcul	0,47	1591
	Lsat	2,51	419
	Psat	2,63	739
	Verv	14,70	17
	Vfab	10,54	697
	Vsat	2,58	523
	TOTAL	3,18	3986
Nivel de uso	Lcul	1,02	49
	Lsat	1,91	7996
	Psat	0,91	436
	Verv	0	216
	Vfab	4,63	2443
	Vsat	1,18	254
	TOTAL	2,39	11394
Derrumbe	Lcul	0	3
	Lsat	0,19	524
	Psat	0	13
	Verv	-	0
	Vfab	1,50	301
	Vsat	-	0
	TOTAL	0,65	841

Tabla 3.89: Individuos con marcas de gorgojos en cada taxón y contexto arqueológico

3.7.3.3 Regiones

Para comparar las diferentes regiones se ha calculado el porcentaje de individuos afectado de dos formas, a nivel general en cada región, y de forma desglosada, como en el caso anterior.

Los resultados globales de cada área geográfica muestran una tendencia ya observada en el capítulo 2; una separación entre las zonas al sur del Ebro con las del norte. En Andalucía y Valencia, los porcentajes globales de semillas afectadas por plagas de insectos son muy bajos, menores a un 1% (0,72 y 0,81% respectivamente) mientras que en Cataluña y Languedoc estos porcentajes son del 3,22 y 2,58% respectivamente (figura 3.86). Hay que recordar, como ya se ha recalado anteriormente, la inferencia de la cronología en cada región, siendo un factor de causalidad ya que en Andalucía los materiales revisados son del periodo más antiguo (2200-1300 a.C.), mientras que en Cataluña y Languedoc la mayoría de restos son de ambas edades del hierro (750-200 a.C.).

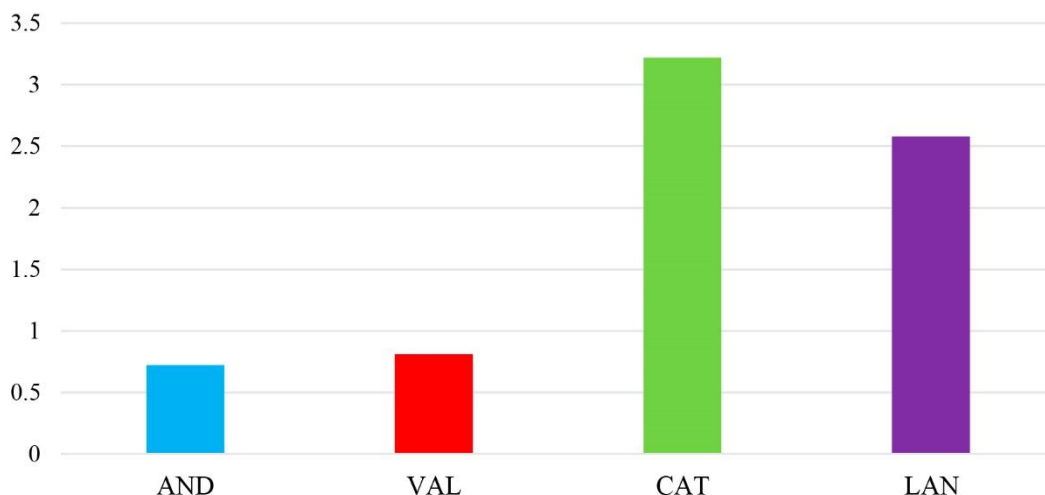


Figura 3.86: Porcentaje de semillas con evidencias de plagas de entomofauna en cada región

Al desglosar cada taxón en cada región (tabla 3.90), observamos cómo algunos de ellos no están presentes en todas ellas. Sin embargo, si observamos las habas, taxón bien representado en todas ellas se confirma la tendencia anterior, con pocas semillas afectadas en Andalucía y Valencia, mientras que al norte del Ebro es muy alta. Los guisantes de Andalucía y Cataluña no tienen evidencias de plagas de insectos, mientras que en Languedoc y Valencia sí que tienen porcentajes relativamente altos; no obstante, el número de individuos de Valencia y Cataluña es muy bajo y hay que analizarlo con cuidado. Las lentejas y los yeros tienen valores prácticamente nulos en todas las regiones; mientras que las almortas de Languedoc y Cataluña, las únicas comparables por número de individuos, son muy similares, en torno a 1,7%. Las vezas de Cataluña y Valencia,

tienen diferencias significativas ya que tienen un 3,57 y un 0,8% de afectación respectivamente.

A pesar de estas evidentes diferencias entre regiones de un mismo taxón consideramos que este hecho tiene que ver más con la cronología que con la geografía ya que las evidencias parecen ser mucho más claras como se muestra a continuación.

Porcentaje de individuos afectados en cada región y taxa			
Contexto	Taxa	% Individuos Afectados	Individuos Totales
AND	Lcul	-	0
	Lsat	-	0
	Psat	0	201
	Verv	-	0
	Vfab	0,87	974
	Vsat	-	0
	TOTAL	0,72	3986
VAL	Lcul	0	6
	Lsat	0	10
	Psat	5,40	19
	Verv	0	7
	Vfab	0,65	384
	Vsat	0,80	376
	TOTAL	0,81	801
CAT	Lcul	0,52	1549
	Lsat	1,91	427
	Psat	0	28
	Verv	0	1
	Vfab	13,86	440
	Vsat	3,57	378
	TOTAL	3,22	2823
LAN	Lcul	0	111
	Lsat	1,79	8754
	Psat	2,34	944
	Verv	0,69	364
	Vfab	7,29	1727
	Vsat	0	25
	TOTAL	2,58	11924

Tabla 3.90: Individuos afectados por entomofauna en cada taxón y región

3.7.3.4 Cronología

Como en las comparaciones regionales se ha realizado un primer cálculo de la media ponderada de cada periodo cronológico en general, independientemente de la especie y posteriormente un análisis de los diferentes taxones desglosados en cada periodo cronológico estudiado.

En el primer caso se observa como las leguminosas más antiguas se encuentran menos afectadas que en los periodos posteriores. Durante el 2200-1300 a.C., solo el 0,76% de los individuos de las especies de esta familia tienen evidencias de plagas por insectos, mientras que en los periodos posteriores el porcentaje asciende a 2,36; 2,27 y 2,75% del más antiguo al más moderno (figura 3.87). Este factor puede estar alterando las diferencias observadas en Valencia y especialmente en Andalucía, regiones con más individuos en los periodos más antiguos.

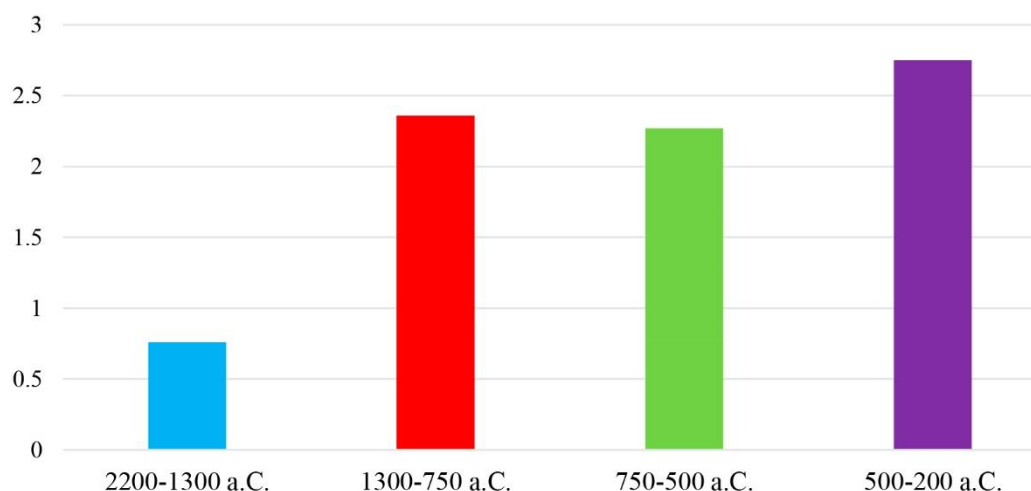


Figura 3.87: Porcentaje de semillas con evidencias de plagas de entomofauna en cada periodo cronológico

Al desglosar cada taxón en cada periodo esta tendencia se observa de nuevo, especialmente en las habas y guisantes, ya que son los únicos taxones más o menos representados en los cuatro periodos (tabla 3.91). Las habas tienen solo un 0,81% de sus individuos afectados en el primer periodo (2200-1300 a.C.), ascendiendo a un 4,64% en el segundo (1300-750 a.C.) a un 14,11% en el tercero (750-500 a.C.) y descendiendo a un 7,77% en el cuarto (500-200 a.C.). En los guisantes, excluyendo los datos del tercer periodo al ser solo 11 individuos, también aumenta las evidencias de plagas por insectos en las cronologías más modernas, pasando de un 0,46% en el primero, a un 1,63% en el segundo y a un 2,51% en el cuarto. Las vezas no tienen semillas afectadas en el segundo

y tercer periodo, aunque en este último solo hay 7 individuos, pasando a un 2,42% en el cuarto; sin embargo, hay que tener en cuenta la posibilidad de que esta especie no se esté cultivando hasta el 500-200 a.C. Los yeros, que comienzan a aparecer en el tercer periodo, no tienen semillas afectadas en este periodo, sin embargo, en el cuarto aumentan al 3,73%, aunque hay que tener en cuenta que en esta fase su número es menor y que todas las que tienen marcas proceden de la misma muestra. Las almortas con evidencias de plagas por insectos también aumentan del tercer al cuarto periodo, de un 1,13 a un 1,86 respectivamente. Por último, las lentejas tienen muy pocas semillas afectadas en los periodos donde se han identificado.

Porcentaje de individuos afectados en cada periodo y taxa			
Contexto	Taxa	% Individuos afectados	Nº Individuos
2200-1300 a.C.	Lcul		0
	Lsat		0
	Psat	0,46	219
	Verv		0
	Vfab	0,81	1353
	Vsat		0
	TOTAL	0,76	1572
1300-750 a.C.	Lcul	0	1
	Lsat		0
	Psat	1,63	184
	Verv		0
	Vfab	4,64	151
	Vsat	0	89
	TOTAL	2,36	425
750-500 a.C.	Lcul	0,50	1491
	Lsat	1,13	795
	Psat	0	11
	Verv	0	304
	Vfab	14,11	362
	Vsat	0	7
	TOTAL	2,27	2969
500-200 a.C.	Lcul	0,29	174
	Lsat	1,86	8396
	Psat	2,51	778
	Verv	3,73	67
	Vfab	7,77	1660
	Vsat	2,42	682
	TOTAL	2,75	11757

Tabla 3.91 Individuos afectados por entomofauna en cada taxón y fase cronológica

4. Evolución, cultivo, procesado y consumo de las leguminosas en el Mediterráneo Occidental durante le edad de Bronce y Hierro

Hasta ahora, salvo en algún punto concreto sobre las conclusiones de los capítulos anteriores, hemos obtenido, recopilado y descrito diferentes tipos de datos sobre las leguminosas, como la información botánica, ecológica y agronómica de las principales leguminosas cultivadas en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.; además de los datos arqueobotánicos de frutos y semillas y de la información morfométrica de estos mismos restos arqueológicos. Sin embargo, no se han relacionado estos datos entre ellos ni se han establecido ideas concretas sobre las leguminosas en este marco geo-cronológico. En este capítulo discutiremos, con todos los datos obtenidos, las continuidades de estas especies en el registro arqueobotánico, atendiendo a las posibles causas a través del resto de información recopilada. Por otro lado, se analizará todo el ciclo agroalimentario de estas especies, desde su siembra hasta su consumo, para ello se añadirá la información etnográfica no recogida en los capítulos anteriores.

4.1 Cambios temporales y diferencias regionales de las leguminosas cultivadas en el marco geo-cronológico

Los datos de leguminosas cultivadas son escasos desde los primeros momentos del Neolítico en la Península Ibérica hasta el III milenio a.C. Las especies más destacadas en las 4 zonas son las habas, los guisantes y las lentejas, aunque su importancia varía en cada una de ellas. Otras especies documentadas son las almortas, yeros, vezas y un garbanzo en Can Sadurní (Begues, Barcelona), pero con pocas menciones y muy pocos individuos cuando aparecen.

4.1.1 ¿Especies cultivadas o recolectadas?

Como acabamos de decir, hay muy pocos individuos de leguminosas en el área y cronología de estudio desde el VI hasta el III milenio a.C., el hecho de que en su mayoría sean especies alóctonas confirma su cultivo ya desde las primeras fases Neolíticas del área de estudio. Sin embargo, en los casos en los cuales estas especies se encuentran de

forma autóctona en el Mediterráneo Occidental esta discusión se hace más compleja. Uno de estos casos es el de la veza, con pocas menciones y muy pocos individuos hasta la segunda mitad del I milenio a.C., hecho que ha impedido establecerla como una leguminosa cultivada. Sin embargo, tampoco se descarta la posibilidad de su cultivo, especialmente por la concentración de vezas localizada en la Provenza durante el IV milenio a.C. (Bouby & Léa, 2006), aunque posteriormente no vuelven a registrarse muestras con un alto número de individuos hasta el I milenio a.C. (Pérez-Jordà, 2013).

Ambas especies de almortas han sido diferenciadas entre ellas en algunas publicaciones, especialmente en la bibliografía algo más antigua (Buxó, 1991; Buxó, 1997), diferenciándose entre ambas por el tamaño y por una forma más o menos angulosa, sin embargo actualmente se ha descartado esta posibilidad (Mahler-Slasky & Kislev, 2010), clasificándose ambas especies como *Lathyrus cicera/sativus*. Desde esta perspectiva, los restos arqueobotánicos identificados en el pasado como *Lathyrus sativus* o actualmente como *Lathyrus cicera/sativus* pueden pertenecer en realidad a semillas de titarros o almortas de monte (*Lathyrus cicera*), especie silvestre autóctona del Mediterráneo Occidental. Por este motivo los restos de estos taxones deben ser considerados como posibles especies silvestres, especialmente porque no se han encontrado concentraciones o muestras con un número relativamente alto de ambas almortas hasta el I milenio a.C. La última especie de leguminosa que no puede considerarse con seguridad cultivada en el Mediterráneo Occidental durante la protohistoria es la alfalfa, ya que hay muy pocos restos que se hayan podido identificar a nivel de especie debido a la dificultad que presenta la diferenciación de las especies del complejo *Medicago sativa-falcata*.

En el estudio morfo-geométrico realizado en esta investigación se ha podido comprobar el solapamiento y la dificultad que en ocasiones existe para diferenciar entre los guisantes, las almortas y los yeros, especialmente en las muestras con muy pocos individuos o que se encuentran en mal estado. Otro hecho interesante ha sido comprobar como en alguna ocasión semillas identificadas como probables o posibles yeros han sido re-identificándolos como almortas (*Lathyrus cicera/sativus*) o guisantes por la metodología morfo-geométrica y viceversa; hecho ya observado entre las almortas de monte y los yeros por investigadores agrónomos (Franco Jubete, 1991). Esta semejanza entre especies de leguminosas aumenta al carbonizarse debido al cambio de las formas de los contornos y la reducción de los tamaños, hecho constatado en la experimentación por carbonización; ya que en ocasiones algunos yeros, almortas o guisantes actuales carbonizados se han identificado erróneamente en otra especie. Por este motivo, nuestros datos nos llevan a proponer la posibilidad, aunque no se pueda confirmar con los datos actuales, que este grupo de leguminosas (*Lathyrus sativus/cicera*, *Vicia ervilia*, *Vicia sativa*) denominadas en ocasiones como “inferiores” (Filatova et al., 2019) no fuesen realmente cultivadas, en nuestra área de estudio, hasta el I milenio a.C.

Entre estas especies hay que recalcar el papel de los yeros, ya que es la única especie alóctona del área de estudio, por lo que su mención, aunque sea muy poco frecuente y con pocos individuos implican su domesticación. En este aspecto consideramos que es interesante proponer la hipótesis, de que los escasos yeros documentados no sean

realmente de esta especie, por lo que no se estén cultivando antes del I milenio a.C. Las semillas de yeros identificadas durante el Neolítico, son muy escasas, únicamente dos individuos en el noreste (Antolín, 2016; Antolín & Schäfer, 2020), otro en el País Valenciano (Pérez-Jordà, 2013) y otro individuo en el sureste en la Cueva de los Mármoles (Asquerino, 2006), mientras que en nuestro eje cronológico los datos son muy escasos: en los 13 yacimientos de la Península Ibérica en los cuales se menciona, solo aparece 1 individuo en todos ellos, salvo en Font de la Canya y Más Castellar con 2 individuos cada uno y la excepción del Cerro de la Cruz (Almendilla, Córdoba), con numerosos individuos de esta especie. Sin embargo, estos tres últimos yacimientos están datados en la segunda mitad del I milenio a.C., momento en el cual ya existen concentraciones y una clara importancia de este cultivo en el sur de Francia. En resumen, solo se han identificado 8 yeros den 8 yacimientos entre el 2200 y el 500 a.C. en la Península Ibérica. Hay que señalar que 6 semillas de Kelin identificadas como *Lathyrus sp.*, finalmente se han identificado como yeros, pero de nuevo ya en la segunda mitad del I milenio a.C. Con la revisión realizada en este trabajo hemos observado la dificultad que existe en diferenciar las semillas carbonizadas de yeros y almortas (figura 4.1), especialmente cuando se tiene solo un individuo, por lo que creemos que es interesante lanzar al aire esta posibilidad, por remota que sea. En el caso de que pudiese confirmarse, los yeros tendrían una dinámica similar al mijo. Habrían sido introducidos en el Mediterráneo Occidental desde el norte de Italia y la zona alpina, lugares donde esta especie es muy común durante el II milenio, expandiéndose por el valle del Ródano (Bouby, 2014) durante el Bronce Final, más o menos paralelamente a los mijos. Creemos que una revisión de las semillas de yeros neolíticos y protohistóricos en detalle a través de modelos morfo-geométricos más desarrollados podría aclarar estas ideas.

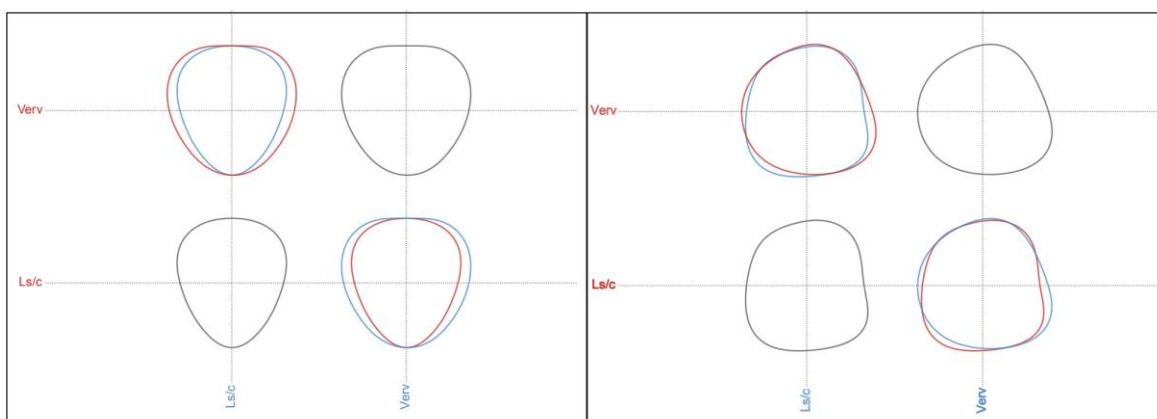


Figura 4.1: Comparación entre la media de las formas de las almortas (*Lathyrus cicera* y *Lathyrus sativus*) con la de los yeros (*Vicia ervilia*). Derecha: vistas ventrales. Izquierda: vistas laterales

Independientemente de que los restos de almortas y vezas sean silvestres o domesticados durante el Neolítico y la Edad del Bronce, y los yeros puedan ser introducidos a finales del II milenio o principios del I a.C. en la región norte de este estudio, es evidente que estas especies no tuvieron una gran importancia en el área hasta la Primera Edad del Hierro. En este periodo las almortas pasan de tener valores prácticamente marginales en toda el área a ser una de las principales leguminosas cultivadas, a excepción del sureste. Los yeros prácticamente no tienen una alta frecuencia en todo el marco geo-cronológico, salvo en sur de Francia, cuando su número de menciones e individuos aumenta considerablemente en la Primera Edad del Hierro. El caso de los yeros del sureste durante la segunda mitad del I milenio a.C. es algo problemática; todos los individuos identificados se han recuperado en un recinto del yacimiento del Cerro de la Cruz, Almendinilla, Granada (Arnanz, 2000), los cuales serían interesantes revisar ante la posibilidad de que fuese almortas, especie más común en la región durante esta cronología.

Por otro lado, el resto de leguminosas cultivadas no presentan ningún tipo de duda sobre su cultivo, ya que son especies alóctonas y tienen una ubicuidad relativamente alta además de concentraciones o muestras con un importante número de individuos que facilitan su identificación. Las habas y las lentejas no suelen presentar grandes problemas en su identificación si se encuentran en buen estado de conservación, hecho similar al garbanzo, ya que a pesar de ser muy poco común en el marco geo-cronológico su forma es bastante característica en comparación con el resto de leguminosas; en este estudio no hemos realizado una investigación morfo-geométrica de esta especie, por lo que tampoco tenemos datos sobre su posible confusión con otras especies. De los guisantes, a pesar de poder confundirse con otras especies como los yeros, almortas y vezas, se tienen evidencias claras de su cultivo debido a su relativa alta ubicuidad y a la presencia de concentraciones en las cuales ha sido fácil poder identificar correctamente esta especie. Hay que destacar que, si se conserva la testa y el *hilum*, su diferenciación de las vezas es bastante fácil. Sobre la alfalfa no hemos realizado un estudio morfo-geométrico ya que se han documentado muy pocas semillas de esta especie, pero la aplicación de estas técnicas podría mejorar la identificación de los diferentes taxones del complejo *Medicago sativa-falcata*.

En general creemos que tanto los datos arqueobotánicos de macrorrestos de frutos y semillas de leguminosas arqueológicas junto a los datos morfo-geométricos y los análisis estadísticos posteriores pueden aportar mucha información en la cual este trabajo abre una vía a posibles nuevas hipótesis de trabajo, que necesitan de una investigación más exhaustiva aumentando la base de datos morfométrica con nuevos individuos arqueológicos y actuales carbonizados que nos permitan aclarar las dudas surgidas en este trabajo.

4.1.2 Las leguminosas en el Mediterráneo Occidental entre el 2200 y el 1300 a.C.

Como se ha señalado en el capítulo 1, las especies de leguminosas cultivadas en el Mediterráneo Occidental tienen diferentes valores en cada región, aunque si se aprecian ciertas similitudes y tendencias en las 4 regiones en las que se ha dividido el marco geográfico.

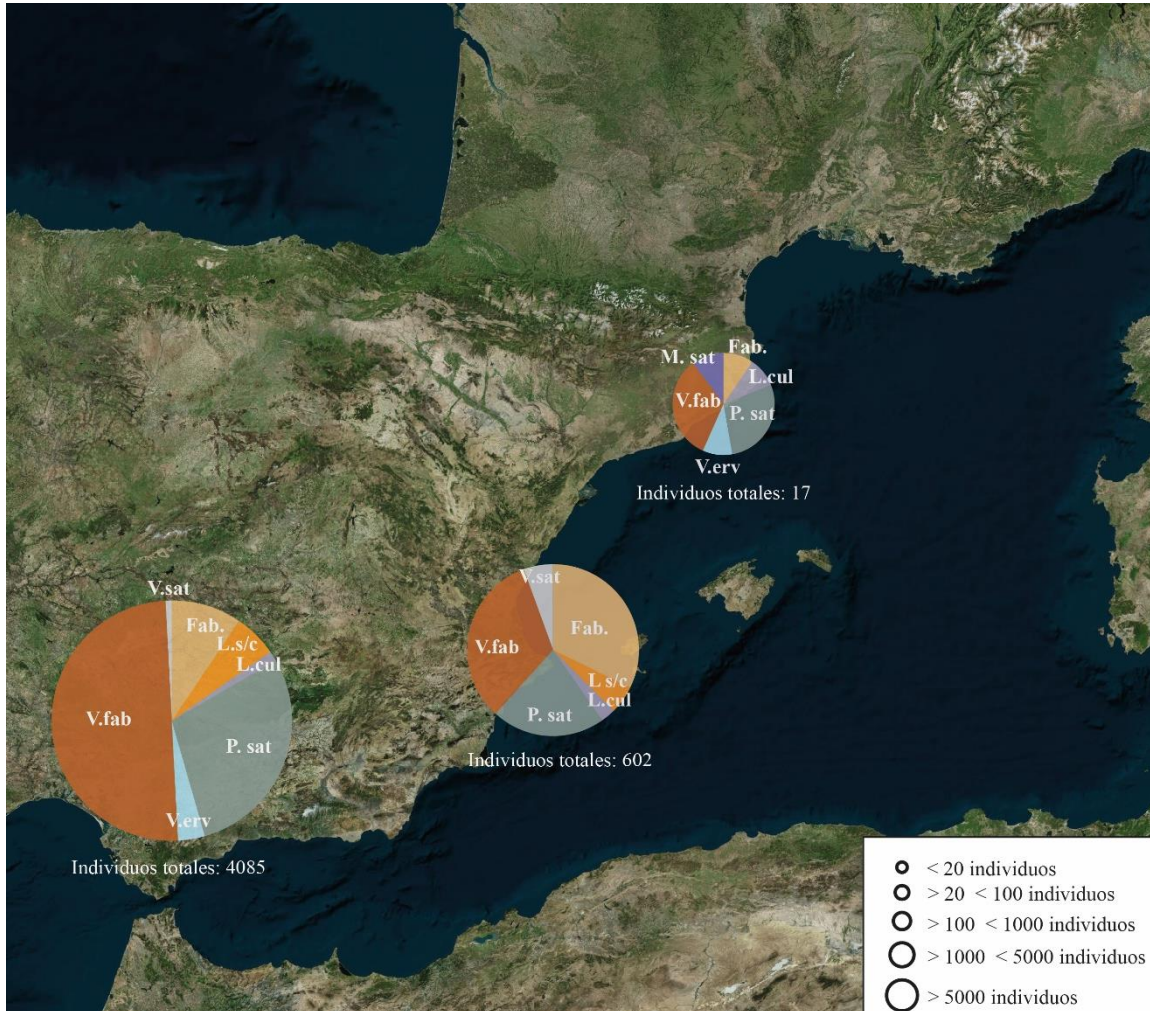
Durante este primer periodo cronológico (2200-1300 a.C.) las leguminosas más mencionadas y abundantes son las habas y los guisantes en las 3 regiones peninsulares, mientras que para el sur de Francia no se han identificado leguminosas en este periodo. Su presencia en el sureste es más destacada que en el resto de regiones, ya que los valores del Índice de Abundancia Relativa son bastante más altos (26,6 y 15,3 respectivamente), este hecho se aprecia ya en el III milenio a.C. en esta área, apareciendo concentraciones de habas y guisantes en diferentes yacimientos calcolíticos como en las Eras del Alcázar (Jaén) (Montes Moya, 2014), Las Pilas/Huerta Seca (Almería) y Los Castillejos (Granada) (Rovira i Buendía, 2007). El resto de leguminosas tiene valores muy bajos o están ausentes, como la alfalfa y los garbanzos.

En el País Valenciano los valores promedios de las leguminosas son considerablemente más bajos con un IAR de un 6,5 para las habas de 4,3 para los guisantes, mientras que el resto de leguminosas cultivadas tienen valores marginales o están ausentes, como los yeros la alfalfa y el garbanzo. Sin embargo, se han documentado alguna concentración de habas, como en Les Moreres o la Mola d'Agres (Alicante), ambas datadas a finales del III milenio a.C., y la Cardosilla (Valencia), yacimiento del cual no se ha encontrado una cronología precisa, salvo que se encuadra en la edad del Bronce valenciano (Hopf, 1972).

En el Noreste los valores de las leguminosas son más o menos similares al País Valenciano, con pocos individuos y relativamente pocas menciones de estos taxones. Los más destacados son las habas, con un IAR de 7,6, seguidos por los guisantes con un 6,5. A diferencia de las dos regiones anteriores las lentejas, los yeros y la alfalfa tienen una presencia algo mayor que en los casos anteriores, pero continúa siendo muy escasa. En ambas regiones al norte del Ebro las leguminosas son más escasas en el primer periodo cronológico estudiado (2200-1300 a.C.), sin embargo, en los periodos posteriores esta tendencia se invierte, aunque hay que destacar la escasez de datos en el sureste en los tres periodos posteriores.

Estos resultados nos muestran dos realidades diferenciadas. La primera es el caso del sureste, en el cual las habas y los guisantes tienen bastante importancia en la agricultura de este primer periodo cronológico, en continuidad con las fases calcolíticas, en las cuales ya se identifican varias concentraciones de habas y en menor medida de guisantes. Por otro lado, en la agricultura del País Valenciano su importancia parece ser menor, con algunas concentraciones; hecho similar al del noreste, región en la cual no se han documentado concentraciones de leguminosas durante este periodo. Para la parte norte del Mediterráneo Occidental no se han identificado leguminosas en este periodo, sin

embargo, debido a la escasez de yacimientos con estudios de frutos y semillas no se puede interpretar como una evidencia de la falta de cultivo de estas especies, debiéndose probablemente al tañamo muestral.



Mapa 4.1: Gráficos circulares de las leguminosas de cada región en el periodo 2200-1300 a.C. Los datos hacen referencia al IAR de cada taxón sobre el total de los IAR acumulados del total de taxones de leguminosas cultivadas. El tamaño del gráfico hace referencia al número de individuos

Los datos observados en el capítulo 2 sobre la organización social y la agricultura de las sociedades durante este primer periodo nos muestra como son más complejas en el sureste y el sur del País Valenciano, regiones en las cuales las habas y los guisantes tienen más presencia. Los datos agronómicos analizados definen a estas dos especies como cultivos con ciertas exigencias de irrigación, especialmente para las habas, que necesitan una cierta humedad durante los primeros meses de su crecimiento, siendo necesaria la irrigación en los climas mediterráneos semiáridos para poder obtener una cosecha satisfactoria. Los guisantes de huerto, tienen unas necesidades hídricas similares a la especie anterior, aunque las variedades destinadas a semillas secas, pueden crecer en ambientes más secos. Aunque el tema de la irrigación se describirá en profundidad en los siguientes apartados de este capítulo parece haber suficientes evidencias como para

determinar que las habas de esta cronología fueron irrigadas (Araus et al., 1997), por lo que su mayor presencia e importancia en el sureste sobre el resto de regiones podría evidenciar una mayor efectividad de los sistemas de regadío en la cultura argárica, más compleja que las sociedades del mismo periodo en el resto de regiones. Aunque no hay evidencias 100% claras sobre infraestructuras hidráulicas, algunas investigaciones sí que han considerado su posible existencia (Lull et al., 2010), por lo que una posibilidad es que este tipo de sociedad más complejo permitiese una explotación más intensa de las zonas de regadío, permitiendo tener un mayor número de cultivos con mayores necesidades hídricas, como las habas y el lino. Sin embargo, las evidencias arqueológicas de estas estructuras pueden ser canales y cisternas destinadas para la acumulación y usos humanos, existiendo principalmente una agricultura de secano (Rovira, 2007).

Por otro lado, las especies de leguminosas de secano, como los yeros, las vezas y las almortas, casi no aparecen en ninguna región durante este periodo. La mayoría de estas leguminosas están destinadas como forraje, aunque también pueden consumirse sus semillas por parte de los humanos en momentos de necesidad. La falta de este tipo de especies podría indicar una mayor movilidad del ganado, pastando fuera de los campos de cultivo y con sistemas de trashumancia por los cuales no haría falta estabular al ganado y cultivar plantas para su alimentación. Existen pocas investigaciones sobre este tipo, pero los trabajos realizados en el noreste y sur de Francia, parecen indicar una menor movilidad del ganado durante la Edad del Hierro, alimentándose de plantas que han crecido alrededor de los yacimientos donde se han encontrado sus restos, lo que indica una producción ganadera local y con poca movilidad (Nieto-Espinet et al., 2020a; Nieto Espinet et al., 2021; Valenzuela-Lamas et al., 2018). Estos datos obtenidos a través de isótopos estables de estroncio podrían indicar una mayor estabulación y una mayor necesidad de cultivar diferentes especies, como leguminosas de secano para alimentar al ganado.

La morfometría geométrica y la biometría solo se ha aplicado a semillas de habas y guisantes en este periodo situadas en el sureste y el País Valenciano, ya que el resto de especies solo aparecen de forma marginal, sin muestras o concentraciones que tengan un mínimo de 10 individuos. Los guisantes de estas muestras estudiadas tienen mayoritariamente la forma del cluster 2 (figura 4.2), visto en la sección 3.5.2.3, con un guisante más achatado en la parte de la chalaza en la vista lateral; las muestras con guisantes de esta cronología solamente tienen entre un 25% y un 0% de guisantes en el clúster de forma 1, con un valor medio de 15% para este periodo cronológico. Por otro lado, los datos biométricos nos indican como la mayoría de los guisantes de estas muestras son del clúster más grande, con todas las muestras con más de la mitad de sus individuos en este grupo, con un rango entre el 56% del Cerro del Alcázar al 85% de la muestra 8068 de Eras del Alcázar con un valor medio de 71,9% de guisantes totales de este periodo en el clúster más grande. Estos datos tanto de forma como de tamaño nos pueden estar indicando un cultivo de guisantes de regadío destinados a su consumo fresco para humanos, ya que las semillas de estas variedades suelen ser más grandes y achatadas en la parte de la chalaza, como en estos guisantes arqueológicos, aunque habría que realizar

más comparaciones morfométricas con variedades actuales y análisis de isótopos estables para aclarar este hecho.



Figura 4.2: Guisantes y habas de las UEs 8068 y 2440 de Eras del Alcázar.

Las formas de las habas del primer periodo cronológico se corresponden mayoritariamente con el clúster 3, de los obtenidos en la sección 3.5.2.5, con un eje longitudinal más alargado y un eje transversal más estrecho, siendo más alargadas que las situadas en los otros clústeres (figura 4.2). Todas las muestras tienen más de un 50% de sus habas en este grupo durante el 2200 y el 1300 a.C., salvo la muestra del Cerro del Alcázar, cuyas habas se reparten principalmente entre este grupo y el número 1, con formas intermedias entre las alargadas del 3 y las redondeadas del 2. Respecto al tamaño, la mayoría de estas habas se encuentran en el clúster de mayor tamaño, salvo dos muestras

de Eras del Alcázar. Aunque estos datos son interesantes no se ha obtenido una idea clara sobre la posibilidad de diferentes variedades u otras cuestiones como la irrigación, siendo interesante aumentar tanto las bases comparativas morfométricas como los análisis de isótopos estables.

4.1.3 Las leguminosas en el Mediterráneo Occidental entre el 1300 y el 750 a.C.

De este segundo periodo cronológico es del que menos información disponemos ya que solo se han obtenido datos de 130 muestras, siendo muy pocos comparados con las 498 muestras de la fase anterior, las 496 del tercer periodo y las 1525 del cuarto. Esta falta de datos es especialmente evidente en el País Valenciano, con solo un yacimiento con leguminosas (Barranc de Beniteixir), en el cual solo hay dos muestras estudiadas y en solo una aparecen lentejas y almortas con muy pocos individuos (3 y 2 respectivamente) distorsionando los valores de ubicuidad y del índice de Abundancia Relativa.

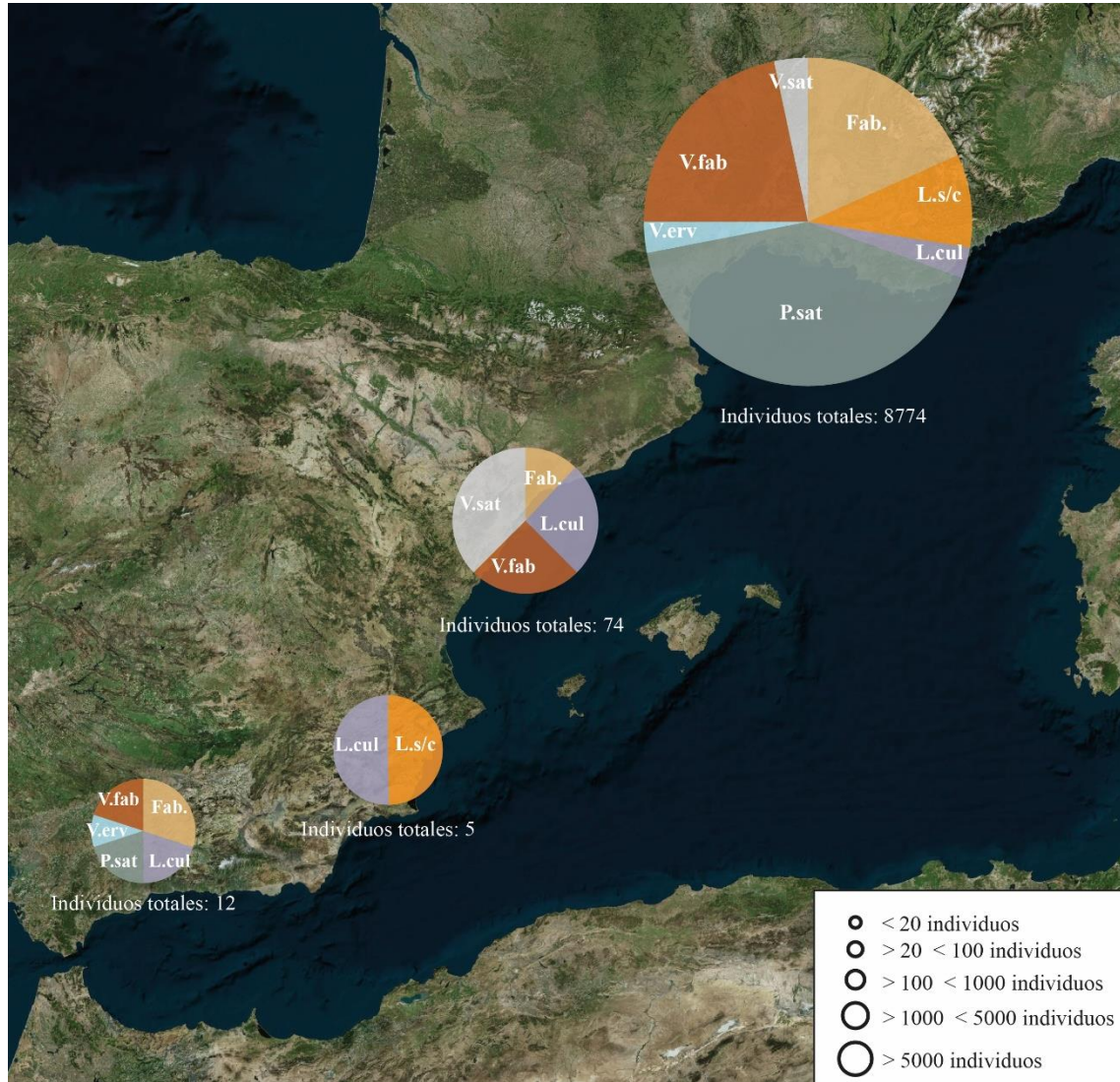
En el sureste las habas y los guisantes descienden respecto al periodo anterior, reduciéndose los IAR de estas especies a 6, mismo valor que obtienen las lentejas. Por último, los yeros son la otra especie documentada, alcanzando un valor de IAR de 3,1; no documentándose más leguminosas. Queremos recalcar en la dificultad de interpretar estos datos por la falta de muestras con leguminosas durante este periodo, ya que algunos datos pueden estar distorsionados, como los yeros, que con un solo individuo consiguen un porcentaje relativamente alto al haber pocas muestras en este periodo.

En el área central ya se ha comentado brevemente la problemática hallada, por lo que los valores obtenidos están muy sobrerrepresentados, con solo 2 almortas o titarros y 3 lentejas. La única información que se puede obtener de estos datos, junto al área anterior es el aumento de las menciones de lentejas, aunque sea información muy parcial.

En el noreste la información está menos distorsionada por los valores de la ubicuidad ya que se han estudiado 48 muestras de esta cronología procedentes de 3 yacimientos diferentes. Aun así, se pueden sobrerrepresentar algunas especies, como es el caso de las vezas, las cuales tienen una concentración en la Plana del Castell, pero no aparecen en el resto de muestras, obteniendo un IAR de 6,5 por estos valores. El resto de leguminosas presentes son las lentejas y las habas con valores en torno a 4,3; mientras que el resto de leguminosas cultivadas no están presentes.

En el sur de Francia se han documentado 46 muestras en yacimientos con leguminosas, repartidas por varios yacimientos, mejorando los resultados del IAR y no teniendo tantas alteraciones como en las dos áreas situadas al sur del Ebro. En esta región predominan los guisantes y las habas sobre el resto de especies, con un IAR de 28,3 y de 14,9 respectivamente, la tercera leguminosa según el IAR es la almorta o titarro, con un valor de 6,3. Aunque ya se ha discutido sobre la posible domesticación o no de esta especie además de la posibilidad de errores, hay que tener en cuenta que pueden deberse a individuos silvestres, recolectados en la región desde el Mesolítico (Marinval, 1986). La siguiente especie, ya con un IAR muy bajo es el yero, con 4 individuos en Baume Layrou,

los cuales no se han revisado en este trabajo y podrían tener los mismos problemas ya descritos en la primera parte de este capítulo. Las lentejas y las vezas también están presentes, pero con valores de IAR muy bajos, similares a la especie anterior.



Mapa 4.2: Gráficos circulares de las leguminosas de cada región en el periodo 1300-750 a.C. Los datos hacen referencia al IAR de cada taxón sobre el total de los IAR acumulados del total de taxones de leguminosas cultivadas. El tamaño del gráfico hace referencia al número de individuos

A diferencia del caso anterior es difícil interpretar o buscar una definición clara de estos datos sobre el segundo periodo de estudio. En general se puede observar una continuidad del cultivo de las habas y los guisantes, especies con mayores necesidades hídricas, a la par que, aunque sea muy escasa su evidencia parece observarse un incremento de la presencia de las lentejas, prácticamente ausente en el periodo anterior, con algo más de importancia en los sistemas agrícolas de este segundo periodo de estudio. Otra observación interesante sucede en el sur de Francia, región donde los guisantes y las habas

tienen valores bastante altos, sin embargo, a diferencia de las sociedades del sureste en el periodo anterior, no forman sociedades complejas con poblados con urbanismo y tampoco tienen una clara organización del territorio, por lo que es más difícil realizar ciertas obras hidráulicas que necesitan una integración del territorio, que sí podrían haberse dado en el sureste en el periodo anterior. Sin embargo, la mayor humedad de esta región con mayores zonas anegadas o niveles freáticos elevados, cercanos a la superficie, podrían permitir el cultivo de especies con mayores necesidades hídricas en una mayor cantidad de campos de cultivos que en otras regiones, como en el sureste. La mayor frecuencia de las lentejas podría deberse a algún tipo de cambio de cultivo, ya que a pesar de ser una especie con algunas necesidades hídricas puede cultivarse tanto en regadío como en secano, siempre y cuando el clima no sea muy seco y teniendo en cuenta que su rendimiento en secano será inferior que a su cultivo irrigado. La escasez de leguminosas de secano puede indicar un tipo de explotación ganadera similar al periodo anterior, ya que podrían indicar modelos más extensivos y todavía con cierta movilidad que no implique la necesidad de cultivar especies específicas para estos animales.

Los datos biométricos y geo-morfométricos también son escasos, destacando las habas de Portal Vielh y los guisantes de Baume Layrou, ambas situadas en el sur de Francia. Del resto de regiones solo se han estudiado 3 lentejas del Barranc de Beniteixir y las vezas de la Plana del Castell. La forma de los guisantes de Baume Layrou, a pesar de no poder compararlos con las formas de otros guisantes de este periodo, son bastante similares a los documentados en el sureste y el País valenciano durante el periodo anterior, con formas más achatadas en la parte de la chalaza en la vista lateral, sin embargo, tienen algunos individuos más en el clúster de formas más redondeadas que los casos anteriores (28,6% de los guisantes de Baume Layrou frente al 15% de media de los del periodo anterior). Una hipótesis de trabajo que surge con los datos de los guisantes podría indicar un cambio hacia otro tipo de variedades que parecen ser más abundantes en los periodos posteriores (750-500 a.C. y 500-200 a.C.), con formas más redondeadas, hecho que se discutirá en las secciones de estas cronologías (4.1.4 y 4.1.5). Los tamaños de estas semillas son bastante similares a los guisantes del periodo anterior, con valores muy similares a los guisantes de la Mola d'Agres (Alicante) y con guisantes algo menores que los de Eras del Alcázar (Jaén), pero mayores que los del Cerro del Alcázar (Jaén).

En las habas se observa una diferencia bastante marcada con las del periodo anterior. En Portal Vielh, único yacimiento con habas suficientes para realizar un estudio morfogeométrico de este periodo, destacan las habas más redondeadas que alargadas, estando el 48% de sus individuos en el clúster con forma intermedia y el 37,7% en el más redondeado, hecho a la inversa que durante el primer periodo (figura 4.3). A falta de mayores datos de variedades actuales no podemos obtener mucha más información además de la posibilidad de diferentes variedades cultivadas debido a la gran distancia cronológica y geográfica entre estas habas y las del periodo anterior. El tamaño también es muy diferente a los casos anteriores, ya que prácticamente la totalidad de las habas (87,7%) de Portal Vielh se encuentran en el grupo de menor tamaño, mientras que en el periodo anterior era el caso contrario. Consideremos que las diferencias de forma y tamaño se deban más a cuestiones genéticas que ambientales, ya que la irrigación puede

aumentar ligeramente el tamaño de algunas leguminosas, pero los cambios son muy marcados en ambos tipos de variables además de la gran distancia geo-cronológica entre estas semillas y las del periodo anterior.

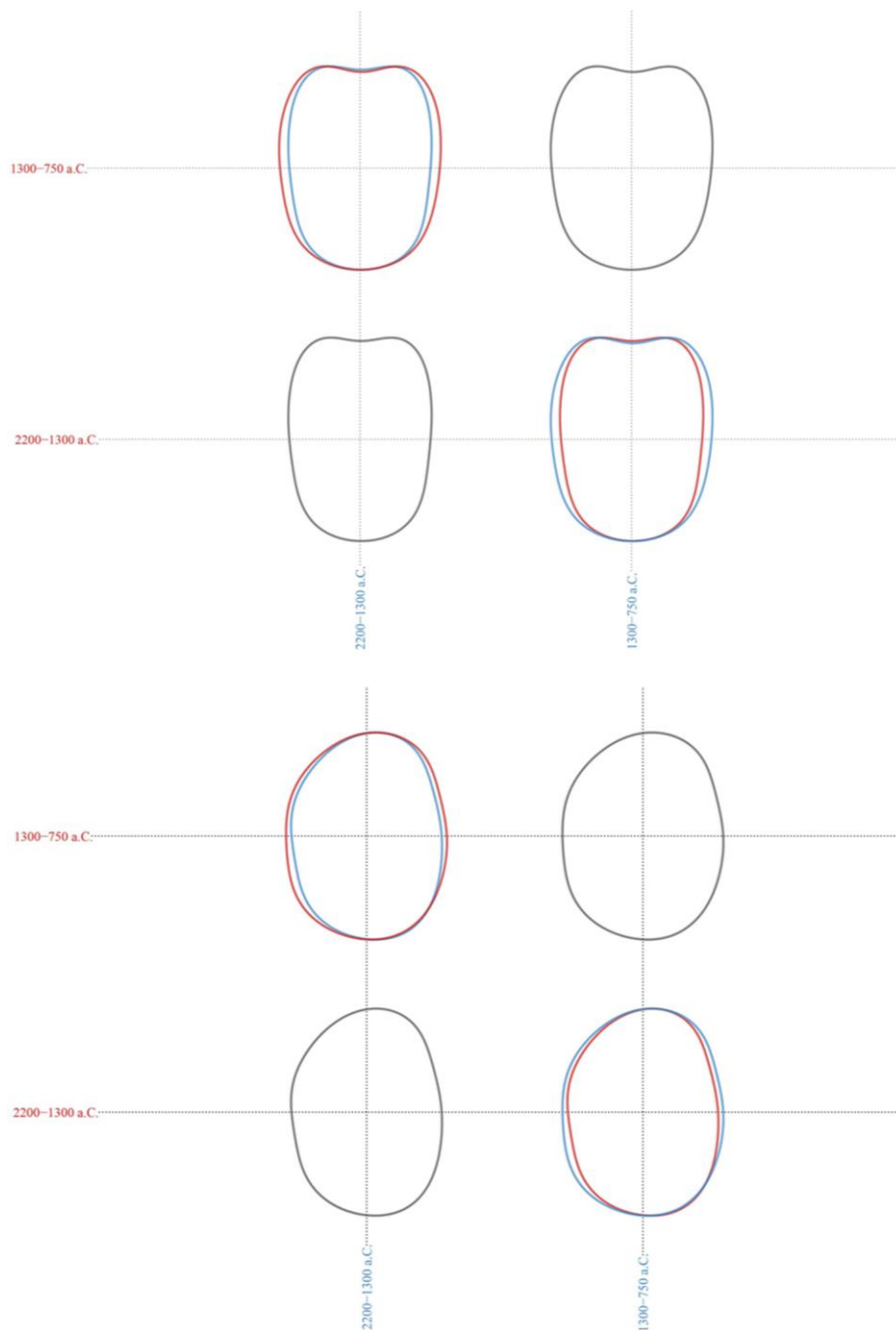


Figura 4.3: Comparación de las formas medias de las habas entre el primer (2200-1300 a.C.) y segundo (1300-750 a.C.) periodo.

Las vezas de la Plana del Castell son las únicas que han sido estudiadas por morfometría geométrica en este periodo. La forma predominante es la redondeada, mientras que las alargadas son muy minoritarias, hecho que difiere a las de los periodos posteriores. En los tamaños, predomina el segundo clúster, con medidas intermedias, como ya veremos

en los siguientes periodos esta característica también es diferente, siendo las de este periodo más pequeñas. Con estos datos podríamos estar ante semillas de especies silvestres, con semillas más redondeadas y pequeñas, pero de nuevo no tenemos referentes con que compararlos.

4.1.4 Las leguminosas en el Mediterráneo Occidental entre el 750 y el 500 a.C.

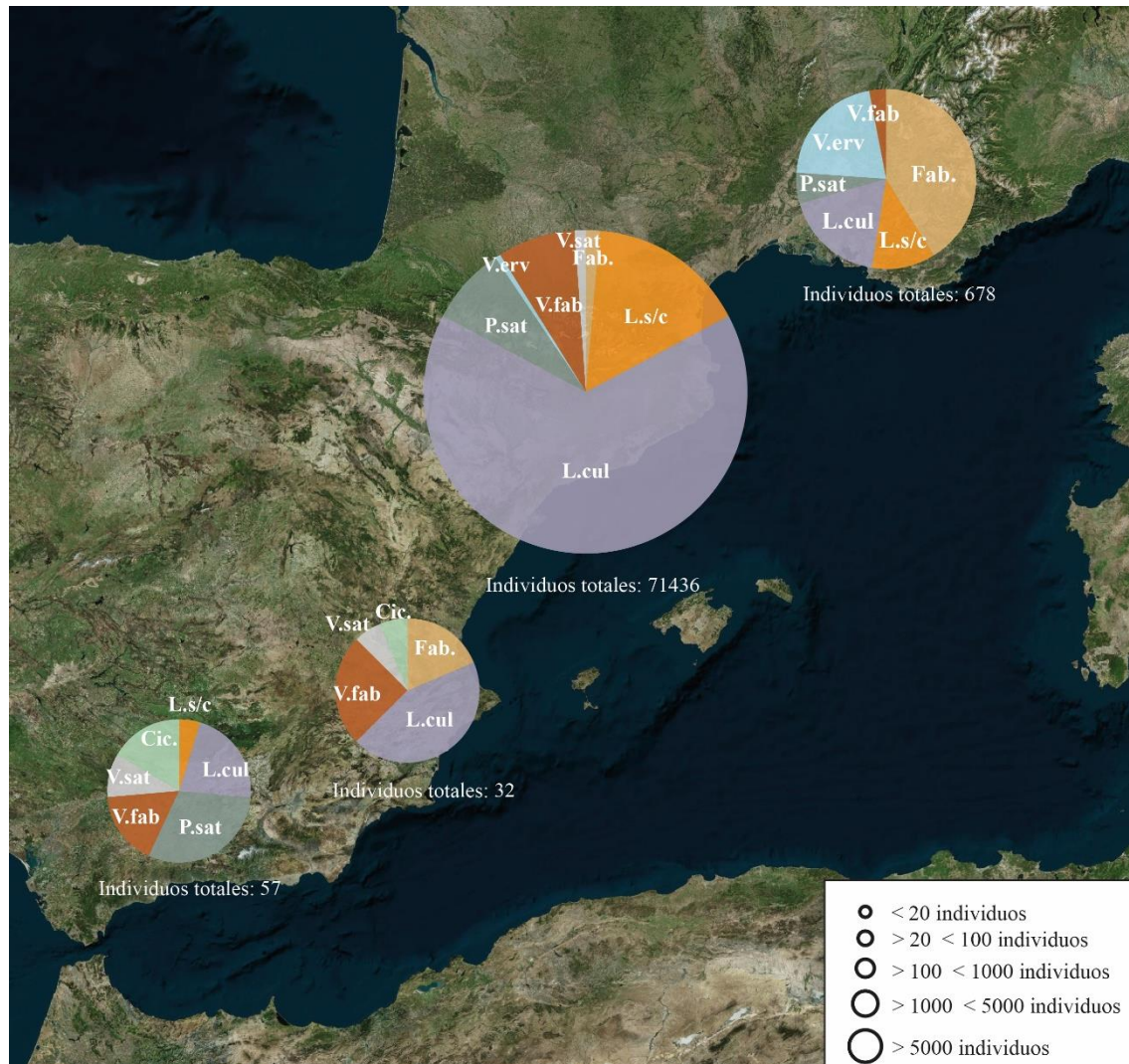
Durante el tercer periodo cronológico establecido se han documentado bastantes más muestras que en el anterior, con un número similar al primer periodo (496 muestras). Las leguminosas durante este periodo cambian significativamente en las cuatro regiones respecto a las cronologías anteriores, probablemente debido a diferentes procesos socio-económicos. Aunque en cada región estos cambios son diferentes se observa una tendencia común, el aumento de las leguminosas de secano; las especies de regadío continúan cultivándose, aunque con índices menores a estas primeras. También se registran la presencia de garbanzo en todas las regiones, aunque en Cataluña al ser una identificación dudosa (Diloli et al., 2016) no se ha incluido en el corpus de datos.

En el Sureste, es la región donde menos se aprecia este cambio, siendo los guisantes la leguminosa con mayor importancia con un valor de IAR de 11,6. Sin embargo si hay ciertos cambios, como el ascenso de las lentejas, situándose como la segunda leguminosa cultivada con un IAR de 8,25, en tercer lugar están las habas, con un IAR de 6,3, mismo valor que los garbanzos, que aparecen por primera vez en el Mediterráneo Occidental en esta cronología, con la excepción del garbanzo documentado en Can Sadurni en niveles neolíticos (Antolín & Schäfer, 2020). Con valores ya bastante bajos se encuentran las vezas (3,7) y las almortas (1,8) aunque supone un ascenso con el periodo anterior.

En el País Valenciano las leguminosas continúan siendo muy escasas, ya que todas tienen valores de IAR bajos, aun así, destacan las lentejas como la leguminosa cultivada más importante, hecho que realmente no podemos comparar con el periodo anterior al tener los datos distorsionados por un solo yacimiento. Sin embargo, comparado este periodo con el primero se aprecia el aumento de esta especie, superando a las habas, las cuales son la segunda leguminosa con un IAR más elevado en esta región entre el 750 y el 500 a.C. Las vezas y los garbanzos están presentes, pero con valores muy bajos, de 0,95, no obstante, esta segunda especie es la primera vez que se documenta en esta región, situación similar al sureste y que podría estar en relación con la presencia colonial fenicia, como ya se discutirá posteriormente.

En el noreste esta tendencia es más clara, siendo la lenteja la leguminosa cultivada con un valor de IAR más elevado, aunque hay que tener en cuenta que está sobrerrepresentado debido a una muestra de Font de la Canya con una gran concentración de lentejas, sin embargo, si quitásemos estos valores, su IAR seguiría siendo el más elevado aunque muy cerca de la segunda especie, las almortas/titarros, que con un IAR de 12,1 aumentan

considerablemente su presencia, con concentraciones en diferentes yacimientos y siendo la primera evidencia de esta especie en todo el noreste; con estos datos ya se puede considerar plenamente domesticada en este periodo al encontrarse en varias concentraciones en diferentes yacimientos y asociadas a otras especies cultivadas, como cereales, en posibles cultivos mixtos (López, et al., 2011). En un segundo lugar, con valores de IAR muy similares se encuentran las habas y los guisantes, con valores algo superiores al periodo anterior, pero muy similares al primero. Finalmente, se han identificado alguna veza y algún yero, pero con valores marginales.



Mapa 4.3: Gráficos circulares de las leguminosas de cada región en el periodo 750-500 a.C. Los datos hacen referencia al IAR de cada taxón sobre el total de los IAR acumulados del total de taxones de leguminosas cultivadas. El tamaño del gráfico hace referencia al número de individuos

En el norte la especie con un IAR más elevado son los yeros, con un valor de 13,2, hecho que podría estar relacionado con la mayor presencia de esta especie en las regiones del valle del Ródano, el norte de Italia y el sur de los Alpes en cronologías anteriores. Independientemente de si se introduce en el área de estudio desde el Neolítico o no, sí

que es evidente una mayor presencia e importancia de esta especie en esta región durante este periodo. Las lentejas son la segunda leguminosa cultivada más importante, con un IAR de 11,1, ascendiendo considerablemente desde el periodo anterior. Las almortas son el siguiente taxón, con un IAR de 7,2, con un ligero ascenso respecto al periodo anterior. Los guisantes y las habas descienden significativamente a valores de 3,5 y 1,7 respectivamente, mientras que el resto de especies no están representadas.

En general durante este periodo se aprecia un aumento de la importancia de las lentejas, siendo la leguminosa con mayor IAR o la segunda en las cuatro regiones estudiadas. Hay que tener en cuenta que a pesar de que se puede cultivar en regadío, a diferencia de las habas y los guisantes de huerto aguanta muy bien la escasez de agua, pudiéndose cultivar en campos de secano. Otra interesante observación es la poca importancia de las almortas/titarros y yeros al sur del Ebro, mientras que en las regiones situadas al norte de este río su importancia parece ser mayor a partir de este momento cronológico. Por último, también se observa como en las regiones al sur del Ebro aparece el garbanzo, especie no documentada hasta este momento en estas áreas, mientras que al norte continúa sin identificarse en este periodo.

Estos cambios hay que contextualizarlos en los cambios socio-económicos y políticos observados en el Mediterráneo Occidental durante este periodo. En el sureste y el País Valenciano, las sociedades más complejas con asentamientos en alto continuaron durante el segundo periodo, sin embargo, a diferencia del primer periodo conviven al mismo tiempo con asentamientos de cabañas en llano y otros en laderas. En la región occidental del noreste también se ha observado como a finales del II milenio a.C. se desarrollaban sociedades con asentamientos más complejos y urbanismo, aunque todavía de pequeñas dimensiones, mientras que en el resto del noroeste y en el sur de Francia no se produce este tipo de asentamiento hasta este tercer periodo. A partir de este momento (750-500 a.C.) se produce una intensificación del tipo de asentamiento en altura, con urbanismo y sistemas defensivos al sur del Ebro, mientras que en las dos regiones del norte del Ebro se establece este tipo de poblamiento por primera vez, siendo un reflejo de una mayor complejidad social y económica. Este hecho está relacionado con la presencia de dos potencias colonizadoras que llegan al Mediterráneo Occidental más o menos durante este periodo, los griegos y fenicios. Estos últimos tuvieron una fuerte presencia en las regiones del sur de la Península Ibérica, comenzando los contactos a comienzos del I milenio a.C., quedando algunos yacimientos con una fuerte presencia colonial en el segundo periodo (1300-750 a.C.), hecho que explica la gran presencia de restos de uva en el sureste durante el segundo periodo, ya que se vincula este cultivo a la presencia colonial fenicia (Pérez-Jordà et al., 2017; Pérez-Jordà, et al., 2021). Por otro lado, los griegos tuvieron una mayor presencia colonial en el sur de Francia y el Noreste de la Península Ibérica, aunque al sur de esta región en la zona del Ebro, parece que existe una mayor influencia de los fenicios establecidos en Andalucía e Ibiza.

Estos contactos parecen influir en las sociedades indígenas, tanto en los patrones de asentamiento, como en la agricultura, especialmente con la aparición o intensificación de la arboricultura. Sobre las leguminosas parece haber ciertos patrones que podrían estar

relacionados con estos contactos, aunque es difícil establecer esta conexión. Uno de los más probables, descrito por otros autores (Chamorro, 1994; Montes Moya, 2015; Pérez-Jordà, 2013), es la relación entre las colonias fenicias y la aparición del cultivo del garbanzo en las regiones del sur del Ebro en este periodo. Otra posible conexión establecida podría ser entre las almortas cultivadas y la presencia colonial griega en el noreste y el sur de Francia. Aunque hay evidencias de *Lathyrus* anteriores a este momento, su alta presencia a partir de esta fecha en las regiones con mayor influencia griega podría estar relacionada, ya que estas especies son muy cultivadas por este pueblo del Egeo ya desde la edad del Bronce (Mahler-Slasky & Kislev, 2010; Valamoti et al., 2011), este hecho en el Mediterráneo Occidental se observa especialmente en las regiones cercanas a las colonias griegas, fenómeno que nos lleva a plantear esta posibilidad.

Por otro lado, los yeros solo tienen una cierta importancia en el sur de Francia, hecho que, independientemente de si los individuos documentados anteriormente se corresponden o no a esta especie, nos indica una relación con las regiones de la Provenza, norte de Italia y el sur de los Alpes, donde ya se encuentran con bastante frecuencia desde el Bronce Final (Bouby, 2014), intensificándose su cultivo probablemente a través del contacto con estas regiones, hecho similar al mijo, aunque algunos siglos posteriores.

Independientemente de su origen, estas especies documentadas especialmente al norte del Ebro, yeros, almortas y vezas, pueden ser consumidas por los humanos, especialmente las segundas, pero los datos etnográficos muestran que su principal papel en las sociedades mediterráneas tradicionales es como plantas forrajeras, tanto la planta o el grano. Otra característica de estas especies es su condición de cultivo de secano, las cuales se pueden desarrollar en terrenos pocos fértiles con muy pocas precipitaciones, soportando climas semi-áridos sin necesidad de irrigación y zonas de cultivo en desnivel. Estas características permiten su cultivo en lugares poco recomendables para los cereales u otras leguminosas, por lo que su presencia puede estar indicándonos cambios en los sistemas productivos de estas dos regiones. Las investigaciones arqueológicas en las dos regiones situadas al norte del Ebro, evidencian un aumento de colonización de nuevas tierras y un aumento demográfico ya iniciado en el periodo anterior (López-Cachero, 2007; López, 2000), probablemente estas tierras fuesen menos fértiles que las ya cultivadas anteriormente, por lo que la utilización de estas leguminosas adaptadas a suelos más pobres, en desnivel y secos, podría ser una evidencia de este aumento demográfico y de la presión sobre los recursos ya mencionada por otros autores (Sanmarti, 2005). Este hecho lleva a una mayor utilización del territorio para fines agrícolas, reduciéndose los espacios que anteriormente se podrían dedicar para pastorear al ganado, aumentando la necesidad de cultivar plantas que posteriormente se utilicen como forraje para complementar la alimentación de estos animales.

Los estudios faunísticos realizados, muestran cambios que comienzan a producirse en este periodo y que se acentuarán en el siguiente, como el ligero aumento de la presencia del cerdo (Nieto Espinet et al., 2021) el cual está asociado a modelos económicos más intensificados. Los datos de movilidad realizados a través de análisis de isótopos estables evidencian una gestión ganadera local en este periodo, alimentándose los ovicápridos de

vegetales que han crecido cerca de los yacimientos (Nieto-Espinet et al., 2020b; Valenzuela-Lamas et al., 2018). Otro tipo de estudios faunísticos indican la posibilidad de haberse identificado un corral permanente en Font de la Canya durante este periodo, siendo una de las primeras evidencias de este tipo de estructuras que vinculan el ganado a una explotación intensiva (Jiménez-Manchón et al., 2020). En general se aprecia una gestión del ganado más intensiva, que puede estar muy relacionada con el aumento de estas especies de leguminosas, estando todo ligado con los cambios socio-económicos que comienzan a darse durante este periodo en las regiones al norte del Ebro.

Los datos morfo-geométricos y biométricos, son más numerosos en este periodo al tener más concentraciones de semillas de diferentes especies. Además de los guisantes, las habas y vezas de los periodos anteriores, se han podido estudiar otras tres especies almortas, lentejas y yeros.

Las almortas estudiadas de este periodo (figura 4.4) proceden de San Jaume y de Font de la Canya en Cataluña, y de la Monédière en Languedoc. En todos ellos la forma predominante es en la cual la vista lateral es más achatada, forma más típica de las semillas que se encuentran en la parte central de la vaina, siendo más evidente en Font de la Canya y menos en Sant Jaume. Al no tener datos de periodos anteriores no podemos hacer comparaciones sobre posibles individuos cultivados o domesticados en diferentes épocas. Los tamaños si son más representativos, ya que se observan diferencias más marcadas entre las almortas de La Monédière y Font de la Canya, muy parecidas entre ellas, con las de Sant Jaume, bastante más pequeñas que las anteriores. Este hecho nos podría indicar que estas últimas sean de otra variedad o incluso sean titarros, pero es imposible confirmarlo sin un estudio morfométrico en profundidad sobre ambas especies. Curiosamente los dos primeros yacimientos también tienen almortas en el periodo posterior (500-200 a.C.), pero de dimensiones menores a las datadas entre el 750 y el 500 a.C.



Figura 4.4: Almortas de la UE 54782 de Lattara

Las lentejas estudiadas en este periodo proceden de La Monédière y de Font de la Canya (figura 4.5), aunque hay pocas del primer yacimiento y bastantes del segundo. En las formas no se parecían diferencias significativas entre ellas, por lo que más o menos parecen semejantes. Sin embargo, entre las lentejas de Font de la Canya sí se aprecian diferencias, con dos muestras con una mayoría de lentejas alargadas, mientras que el resto son más redondeadas. Respecto a tamaño, las semillas de La Monédière son más pequeñas comparadas con las de Font de la Canya, que a su vez tiene dos muestras con semillas bastante pequeñas y el resto con tamaños más grandes; como la información sobre este hecho ya se ha detallado en el capítulo 3, no volveremos a ese detalle. Solo 11 guisantes han podido ser analizados con esta metodología en este periodo, sin poder aportar información relevante por la falta de individuos.



Figura 4.5: Lentejas de la UE 1054 de Font de la Canya

Los yeros de este periodo que han sido analizados por morfometría geométrica proceden de La Monédière, su distribución es bastante pareja entre los dos grupos de forma establecidos en el capítulo 3, sin embargo, la UE 10802 de este yacimiento tiene relativamente más individuos con una forma más alargada en la vista ventral y el eje de la radícula más inclinado en la vista lateral (figua 4.6). Las habas de este periodo son mayoritariamente redondeadas, más similares a las de la fase cronológica anterior que a las datadas entre el 2200 y el 1300 a.C. Este hecho puede darse por motivos geográficos, ya que las estudiadas en el segundo (1300-750 a.C.) y tercer (750-500 a.C.) periodo proceden de yacimientos al norte del Ebro, aunque son algo diferentes entre ellas, como se observó en el punto 3.5.2.5. El tamaño es bastante mayor que el periodo anterior pero menor que en el más antiguo, teniendo unos valores más o menos repartidos entre los dos grupos de tamaño, con un ligero predominio de las semillas algo más pequeñas. Las veces de este periodo analizadas con morfometría son muy escasas, por lo que los resultados no pueden compararse con el periodo anterior o posterior en los cuales si se han estudiado un número relativamente alto.



Figura 4.6: Yeros de la UE 10802 de la Monédière

4.1.5 Las leguminosas en el Mediterráneo Occidental entre el 500 y el 200 a.C.

El cuarto periodo cronológico es del que más información se ha obtenido, con 1525 muestras de yacimientos en los cuales se han obtenido leguminosas cultivadas; el triple que durante el primer y tercer periodo. Este hecho se debe a la mayor cantidad de yacimientos muestreados durante este periodo en el Norte y Noreste, en el Centro es más o menos similar al periodo anterior, mientras que en el sureste casi no se han realizado estudios datados en esta cronología. Las leguminosas durante esta fase mantienen los cambios que se habían producido en el periodo anterior, aumentando el Índice de Abundancia Relativa la mayoría de taxones, especialmente los de las leguminosas de secano, consolidándose sus valores y pasando a ser las principales leguminosas cultivadas

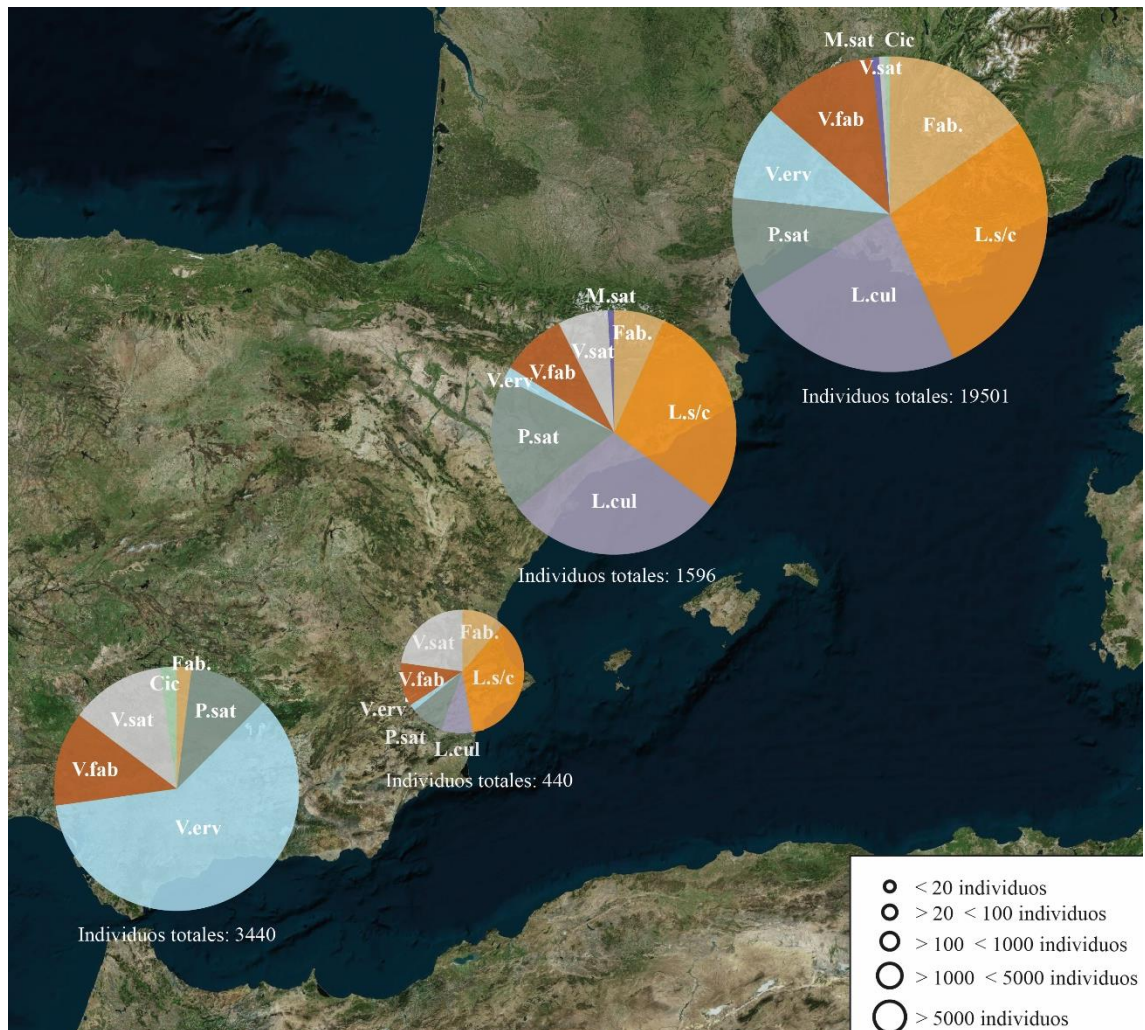
durante este periodo, aunque como en los periodos anteriores cada región tiene sus propias dinámicas.

En el sureste, región en la que en el periodo anterior todavía no se producía un dominio de las leguminosas de secano sobre las de regadío, cambia esta circunstancia, aumentando los valores de estas especies. Predominan los yeros (aunque hay que tener en cuenta la distorsión de los datos por la concentración del Cerro de la Cruz) y las vezas, en un segundo grupo están las habas y los guisantes. Por último, encontramos garbanzos con cierta importancia, aunque aparecen algo menos que en el periodo anterior; el resto de leguminosas no aparecen en esta cronología, pero la escasez de estudios en esta región durante este periodo puede explicar en cierta medida la falta de algunas leguminosas que sí se encontraban en periodos anteriores, como las lentejas.

En el País Valenciano las leguminosas continúan con valores bajos, más que en el resto de regiones, suceso que también pasaba en los periodos anteriores. En este periodo la principal leguminosa cultivada es la almorta, con valores bastante destacados sobre el resto de leguminosas, con las vezas en un segundo lugar; hay que destacar que ambas especies son cultivos de secano. Las habas, los guisantes y las lentejas están presentes, pero con valores bastantes bajos en comparación con las especies anteriores; por último, se han documentado yeros, pero con valores marginales.

En el Noreste se consolida la mayor presencia de lentejas y almortas que en el periodo anterior, aunque la primera tiene valores bastante más bajos que entre el 750 y 500 a.C. en realidad su ubicuidad es similar, ya que se encontraba sobrerrepresentada por una concentración en Font de la Canya. Los guisantes son la tercera especie en importancia en esta región, con valores muy similares al periodo anterior, mientras que las habas tienen un IAR algo más bajo, seguidas de las vezas. Con valores marginales se encuentra los yeros y la alfalfa.

En el sur de Francia, prácticamente todos los taxones aumentan sus valores durante este periodo. La principal leguminosa cultivada son las almortas, con valores bastante altos ya que están presentes en muchos yacimientos además de tener muestras con bastantes individuos y concentraciones. Las lentejas son la segunda especie, con valores cercanos a la especie anterior, destacando fuertemente sobre el resto de taxones. Con valores más bajos pero similares entre ellos están las habas, los guisantes y los yeros. Por último, con valores marginales se encuentran las vezas, la alfalfa y los garbanzos.



Mapa 4.4: Gráficos circulares de las leguminosas de cada región en el periodo 500-200 a.C. Los datos hacen referencia al IAR de cada taxón sobre el total de los IAR acumulados del total de taxones de leguminosas cultivadas. El tamaño del gráfico hace referencia al número de individuos

Durante este periodo, el más moderno de nuestro eje cronológico, en todas las regiones estudiadas se consolidan las leguminosas de secano (almortas, yeros y vezas). Estas especies son ahora más abundantes que las que tienen unas necesidades hídricas mayores (habas y guisantes de huerta) en todo el marco geográfico, no solo en el norte del Ebro como sucedía en el periodo anterior. Este hecho también podría llevarnos a hipotetizar sobre una expansión del aumento de estas especies desde las regiones del norte del Ebro hacia las del sur durante esta cronología. Esta tendencia podría confirmar que las almortas, independientemente de si se cultivaban antes o no, podrían haber aumentado su importancia por la presencia griega en estas dos regiones donde precisamente se produjo una fuerte influencia colonial, expandiéndose su importancia hacia el País Valenciano posteriormente, mientras que parece que en el sureste nunca han tenido una gran importancia, aunque sería interesante revisar los materiales del Cerro de la Cruz, por si

podrían ser almortas en lugar de yeros. Precisamente esta especie también tiene una distribución peculiar, independientemente de la problemática descrita anteriormente sobre su identificación, tiene cierta importancia en el sur de Francia durante la Primera y Segunda edad del Hierro, mientras que en la Península parece una especie marginal salvo para el caso del Cerro de la Cruz, hecho que podría llevarnos a pensar que también su escaso pero observable aumento en el último periodo en las regiones peninsulares podría darse por una expansión desde el norte o por posibles contactos coloniales. Las lentejas son una especie que también aumenta su presencia en el primer milenio a.C., especialmente en las regiones del norte, aunque sus valores anteriores son mayores que las leguminosas puramente de secano, este cambio podría deberse a la menor necesidad hídrica de esta planta en comparación con las habas o los guisantes de huerto, pero sin embargo como estos no disminuyen podría simplemente deberse a una cuestión cultural o de preferencia culinaria por esta especie en estas regiones. Las habas y los guisantes, con ligeras oscilaciones, parecen mantenerse a lo largo del eje cronológico estudiado, no disminuyen cuando aumentan las leguminosas de secano, incluso aumentan ligeramente también sus valores, pero en mucha menos proporción, quedando por detrás de estas primeras.

Los motivos por los cuales se consolida la tendencia del aumento de este tipo de leguminosas debemos buscarlo en las causas que hemos descrito para el periodo anterior, ya que lo que se ha observado en este cuarto periodo es el aumento y consolidación de estas especies al norte del Ebro y una ligera expansión hacia el sur. Durante el 500-200 a.C., la complejidad socio-económica y política continúa aumentando y consolidándose. Este hecho se ha establecido por el aumento de poblados tipo *oppidum* en toda el área durante esta fase, además de la aparición de asentamientos considerablemente más grandes que se podrían identificar como proto-urbanos debido a su superficie. Este tipo de sociedades y sus sistemas económicos hacen aumentar la presión sobre los recursos, continuando la colonización de nuevas tierras destinadas a cultivos, hecho que podría estar ligado con el aumento de las especies de leguminosas de secano o “menores” debido a su facilidad de adaptación a suelos más pobres y secos. La economía de estas sociedades está más integrada que en la Edad del Bronce Final y la Primera Edad del Hierro, aunque durante esta última ya se observaba un paulatino aumento de estas nuevas relaciones socio-económicas. Por este motivo la explotación de los recursos se intensifica, cambiando las características de una explotación más centrada en el consumo local a una más integrada, extendiéndose las tierras de cultivo sobre zonas que anteriormente podrían haberse utilizado como pastos. Este hecho se observa paralelamente a la reducción de movilidad del ganado observada en este periodo cronológico, con posibles corrales de estabulación ya desde la Primera Edad del Hierro.

Los datos morfo-geométricos y biométricos de este último periodo son los más abundantes, hecho lógico ya que como se ha observado es el periodo más muestreado y en el que más peso tienen las leguminosas, especialmente en las regiones al norte del Ebro. Las almortas de este periodo son bastante similares a las del anterior, con un ligero porcentaje mayor de almortas alargadas en la vista lateral, que podrían proceder de los extremos de la vaina, pero la diferencia no es muy grande como para observar cambios

significativos. Esta diferencia parece ser algo más regional, ya que se observan mayores diferencias entre el noreste y el sur de Francia más que entre este periodo y el anterior, aunque en ambos casos no son diferencias muy remarcables. Los tamaños sí que muestran una tendencia más marcada que las formas, ya que las almortas de este último periodo son significativamente más pequeñas que el anterior, hecho que no se observa a nivel regional, por lo que podríamos estar ante una selección o domesticación hacia semillas algo más pequeñas, cuya explicación podría deberse a un búsqueda de variedades más adaptada al medio y no por el tamaño de las semillas, hecho lógico en plantas cuya principal función es la forrajera y no tanto la leguminosa de grano.

Las lentejas tienen una dinámica algo diferente al periodo anterior, con ciertas diferencias de forma entre las dos fases con esta leguminosa (figura 4.7), ya que las que tienen una cronología más moderna tienden a ser más alargadas. En Font de la Canya se aprecia bastante marcada esta diferencia. Sin embargo, este hecho puede estar en relación con la presencia de muestras con un tipo de lentejas y otras con otras diferentes. Aunque la mayoría de las lentejas de este periodo son alargadas, hay una muestra con lentejas más redondeadas, como pasaba en el periodo anterior, aunque hay que señalar la escasez de individuos en este caso (18) y su cronología algo más antigua. Por todo ello, esta diferencia podría no ser solo cronológica a pesar de que la forma alargada sea más común en las fases más modernas.

En los tamaños se aprecia una mayor diferencia respecto al periodo anterior, siendo las lentejas más modernas considerablemente más pequeñas, hecho evidente en Font de la Canya ya que las dos muestras principales de este periodo son del tipo más pequeño, mientras que la muestra 0007, con pocos individuos, de forma más redondeada y cronología algo más antigua, tiene semillas algo más grandes. A pesar de esta relación hay que tener cuidado al interpretarla, ya que a diferencia del periodo anterior en el cual hay bastantes muestras con lentejas, en este caso solo tenemos tres, aunque sí es cierto que muy mayoritariamente del tipo pequeño y alargado, mientras que en el periodo anterior solo se identificaron 2 muestras con lentejas pequeñas de un total de 10, por lo que podríamos estar ante una tendencia en la cual se utilizan más las variedades con tamaños menores en este último periodo cronológico estudiado.

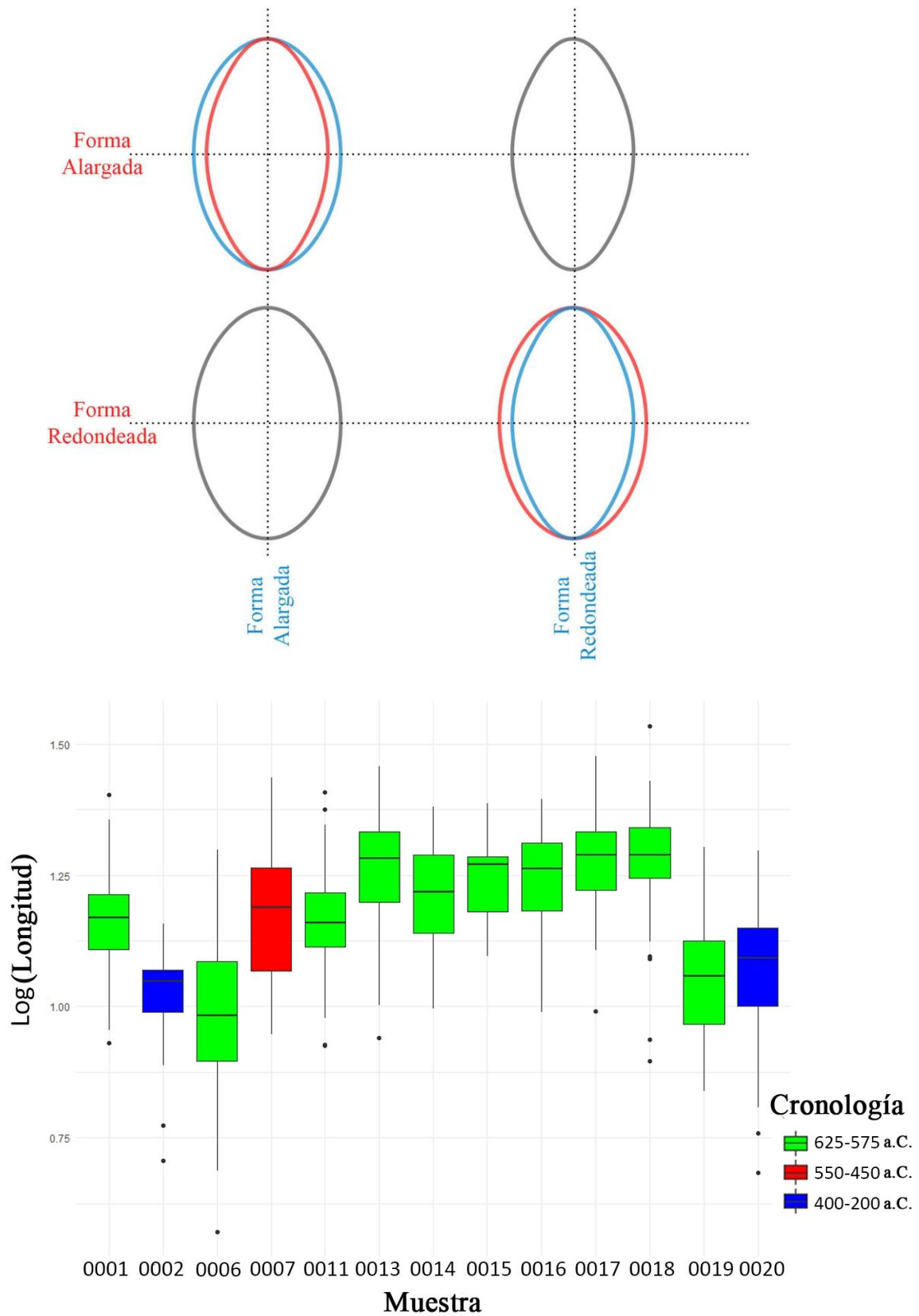


Figura 4.7: Superior: Comparación entre las dos formas de lentejas de Font de la Canya. Inferior: Diagrama de cajas del logaritmo de la longitud de las diferentes muestras

Los guisantes de este último periodo presentan un cambio en la forma respecto a los periodos anteriores (figura 4.8), pasando de guisantes con formas más achatadas en la vista lateral en los periodos anteriores a guisantes con una vista lateral más alargada. Este cambio nos indica que este tipo de formas puede no deberse únicamente a la posición dentro de la vaina ya que más o menos los porcentajes deberían ser más similares entre ellos, a no ser que las vainas pasen a tener menos semillas y por ese motivo haya más guisantes con formas alargadas, más características de los extremos de la vaina. Sea como sea, ambos hechos indicarían un cambio sustancial en los guisantes que se están cultivando. En el tamaño las diferencias también son significativas, pasando a guisantes más pequeños, ya que anteriormente el grupo de tamaño dominante era el más grande, pasando en este periodo a ser el de tamaños intermedios, hecho que queda bastante claro en el análisis de correspondencia de la sección 3.5.2.3. La escasez de datos del periodo anterior no nos permite analizar si se produce ya este cambio anteriormente, pero si es interesante este cambio que podría estar indicando un cultivo de guisantes de secano, ya que el tamaño de estas semillas suele ser menor que las variedades cultivadas en huerto para su consumo fresco (Warkentin et al., 2015).

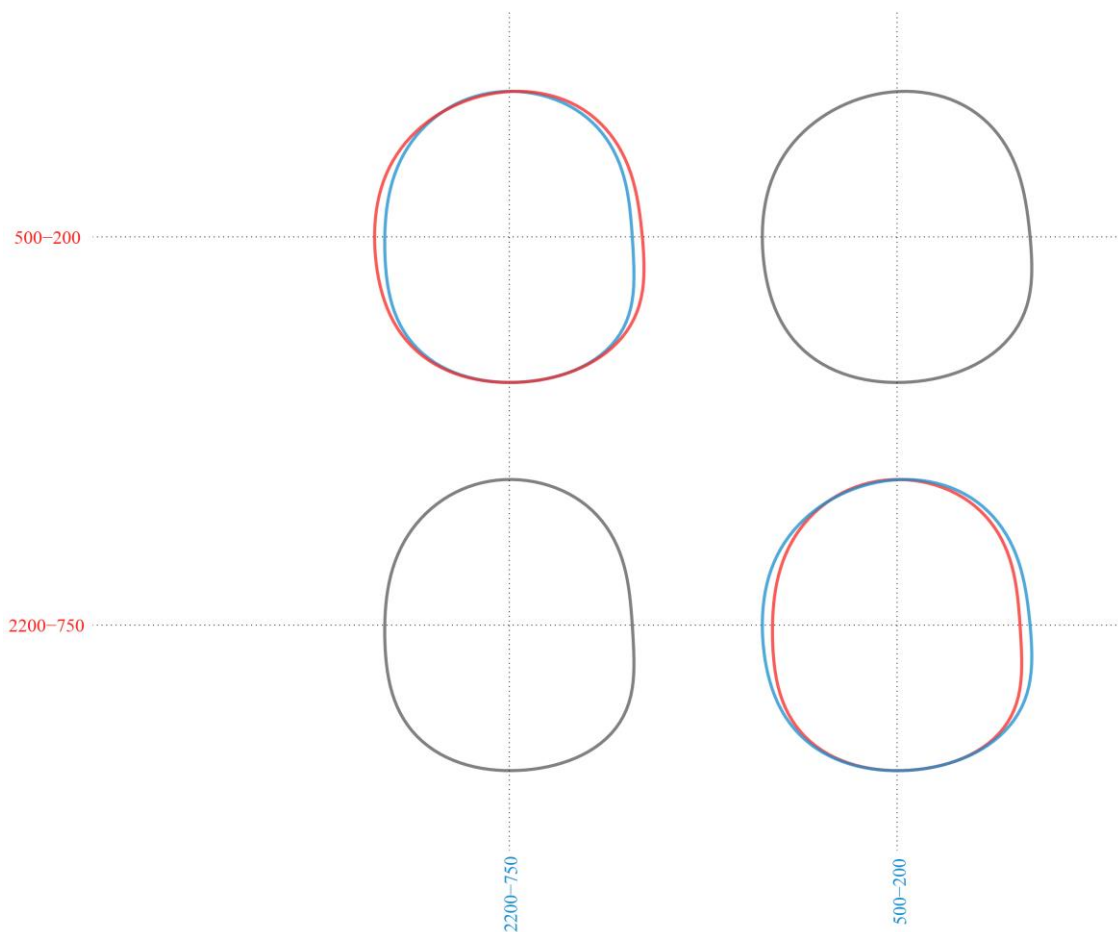


Figura 4.8: Diferencias de la media de la forma de las caras ventrales entre los guisantes del cuarto periodo (500-200 a.C.) con los dos primeros periodos

En los yeros, la falta de datos nos impide interpretar posibles cambios o dinámicas, aunque los de la fase cronológica más moderna tienden a tener una zona de la radícula más vertical que el periodo anterior, aunque el cambio es muy sutil, no pudiendo considerarse significativo. Hecho muy similar sucede con los tamaños. Al observar los datos por yacimientos vemos que todavía la diferencia es menor, ya que los procedentes de Lattara son algo diferentes, sin embargo, podría deberse a su escaso tamaño muestral en comparación con las procedentes de la Monédière.

Las habas de este periodo son diferentes a los periodos anteriores, con formas más alargadas que las datadas entre el 1300-750 a.C. y el 750-500 a.C., pero no tanto como las del periodo más antiguo. Con estos datos se observa una distribución de las formas de las habas diferente en cada periodo (ver sección 3.5.2.5), pero sin seguir un patrón claro hacia unas formas u otras. Además, la relativa homogeneidad de las muestras de cada periodo parece indicar que estos cambios de forma no se deben a posibles variedades que se utilicen paralelamente y es una cuestión de cambio de formas debido a la cronología y la geografía. Respecto al tamaño (tabla 4.1), las semillas son más grandes que en los dos periodos precedentes, pero más pequeñas que las más antiguas de todo, hecho similar al observado en las formas.

Periodo	Media de:		
	Longitud	Anchura	Grosor
2200-1300 a.C.	6,64	4,62	4,89
1300-750 a.C.	5,39	4,19	4,19
750-500 a.C.	5,91	4,49	4,72
500-200 a.C.	6,34	4,78	4,85

Tabla 4.1: Medias de medidas de tamaño de las habas en cada periodo

La mayoría de las vezas (figura 4.9) pertenecen a este periodo, por lo que es difícil hacer una comparación con los periodos anteriores, aunque el relativo volumen datado entre el 1300 y 750 a.C. nos permite hacer alguna pequeña observación, siempre hay que tener prudencia por este hecho. Las vezas más antiguas tienen formas más redondeadas, mientras que los dos periodos posteriores tienen vezas más alargadas, este hecho podría indicarnos a un cambio de la forma conforme esta especie se cultiva, ya que los datos no pueden confirmar su cultivo antes del 500 a.C. La cuestión es si este cambio de formas se debe por el propio proceso de la domesticación local de esta especie o si se produjo una introducción posterior de variedades ya domesticadas anteriormente fuera de nuestra área de estudio. Esta tendencia es más evidente en el tamaño, siendo las semillas más modernas considerablemente más grandes que las del 1300-750 a. C., pudiendo deberse al mismo motivo.



Figura 4.9: Vezas procedentes del departamento 217 de La Bastida de les Alcusses

4.1.6 Peculiaridades regionales de las leguminosas

Una vez vista la evolución temporal de las leguminosas a lo largo del eje cronológico, se han observado algunas dinámicas regionales que hemos considerado interesante comentar en un nuevo apartado.

Antes de nada, hay que señalar las grandes diferencias que existen en el registro arqueobotánico de frutos y semillas, ya que esto puede modificar los datos obtenidos por falta de datos. Un ejemplo es el sureste de la Península, en la cual hay bastantes yacimientos con restos en el periodo establecido entre el 2200 y el 1300 a.C., mientras que en el resto de periodos existen pocos datos, ya que no se han realizado muchos estudios sistemáticos fuera del área y cronología de la zona argárica salvo algunas excepciones. En el centro estos estudios son más homogéneos, existiendo yacimientos con muestreos más o menos sistemáticos salvo entre el 1300-750 a.C., periodo en el cual no hay muchos datos y queda reflejado en los valores distorsionados de las leguminosas. En el Noreste es donde más estudios de este tipo se han realizado, siendo más abundantes

en los dos periodos más modernos (750-500 a.C. y 500-200 a.C.) que en los más antiguos, salvo en la región occidental catalana. Finalmente, en el Sur de Francia existen numerosos estudios a partir del Bronce Final de esa región, sin embargo, no hay casi estudios sistemáticos o fiables antes de esa cronología.

En todas las regiones se han observado una serie de patrones comunes en las leguminosas a lo largo del eje cronológico, que podríamos definir como las características comunes de las leguminosas en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.; estas son:

- Bajos valores de IAR en comparación con los cereales o algunos frutales, salvo en casos con concentraciones o falta de muestreos que pueden distorsionar los datos, no reflejando la realidad
- Predominio de las habas y los guisantes en los dos primeros periodos salvo alguna excepción.
- Concentraciones de habas y guisantes en el sureste y el sur del País Valenciano en el primer periodo.
- Aumento paulatino de las lentejas en todas las regiones a partir del segundo periodo.
- Gran aumento de las leguminosas de secano en el tercer periodo en al norte del Ebro y el cuarto en todas las regiones
- Aumento de las vezas en el cuarto periodo en las regiones al sur del Ebro
- Predominio de almortas o yeros (leguminosas de secano) en el cuarto periodo

Sin embargo, cada región presenta características propias. En el sureste durante el primer periodo se aprecia una alta presencia de habas con un IAR muy elevado para ser una leguminosa y que no se volverá a alcanzar salvo los yeros en el último periodo, pero se debe a una concentración de un yacimiento, por lo que no es una característica general de ese periodo. En el resto de fases los IAR de las leguminosas son más o menos similares a otras regiones, con valores entre 5 y 15.

El País Valenciano es la región donde las leguminosas menos presentes están y con menores valores de IAR en todas las fases cronológicas. La falta de leguminosas en la región ya se ha observado anteriormente (Pérez-Jordà, 2013), aunque ahora se ha comprobado su menor representación respecto al resto de áreas estudiadas. Probablemente como ya se señala en la fuente mencionada, este hecho se deba a cuestiones culturales por su elección, ya que es un hecho constante en los 4 periodos, incluso antes de la introducción de la arboricultura, por lo que no se debe a cambios realizados por el establecimiento de nuevos cultivos. Curiosamente al comienzo del primer periodo se han identificado algunas concentraciones de habas, pero no se vuelven a encontrar concentraciones de leguminosas hasta el más reciente, con las vezas de La Bastida de les Alcusses. En general, las leguminosas en ningún momento tienen un IAR superior a 7, salvo las almortas en la fase más moderna (11,3), excluyendo los datos del segundo periodo, en el cual ya se ha explicado la distorsión causada por un único yacimiento.

En el noreste la tendencia en los dos primeros periodos es muy similar a la valenciana, con valores muy bajos de las leguminosas en los dos primeros periodos. Sin embargo, a

partir del 750 a.C., la importancia de las lentejas y almortas asciende considerablemente, hecho que se mantiene en la fase más moderna, aunque los valores del IAR no son muy elevados. No obstante, en la región occidental de Cataluña las leguminosas aparecen, pero con pocas menciones y muy pocos individuos, incluso menores a los del País Valenciano.

A pesar de que no se han documentado semillas de leguminosas durante el primer periodo en el Sur de Francia, es con diferencia, la región donde más leguminosas se han identificado durante los tres periodos de los cuales se disponen datos. La dinámica de las leguminosas es la misma que la observada a nivel general, salvo que los yeros tienen un cierto papel entre el 750-500 a.C., mientras que prácticamente están ausentes en el resto de regiones antes del 500 a.C. En los dos primeros periodos predominan los guisantes y las habas mientras que en los dos más modernos este rol lo adquieren las almortas, lentejas y yeros.

Con estos datos, a pesar de las diferencias regionales, los cambios observados en las leguminosas muestran una evolución más o menos paralela en las cuatro regiones pasando de un cultivo de guisantes y habas a tener una mayor variedad de leguminosas cultivadas a partir del Primer Hierro y con valores más altos en la Segunda Edad del Hierro, probablemente debido a los cambios socio-económicos ya explicados y los cambios en la gestión del ganado descrita por los diferentes especialistas de la zooarqueología. La mayor presencia de leguminosas tanto en el Calcolítico en el sureste, en las sociedades argáricas y en todo el Mediterráneo Occidental a partir del Primer Hierro, podría estar relacionando un mayor desarrollo socio-económico con un aumento del cultivo de estas especies, aunque hay que analizarlo con cuidado ya que en regiones con una gran complejidad social en ocasiones no hay una gran presencia de estos cultivos, como en el País Valenciano. Por otro lado, el aumento de leguminosas de secano a partir de la Edad del Hierro, podría estar relacionado con los cambios socio-económicos de este periodo como el aumento demográfico en toda el área de estudio, la integración económica de las diferentes regiones, así como un asentamiento permanente. Estas nuevas características exigirían una mayor explotación de los recursos, pudiendo ser necesario un cierto sistema de rotación de cultivos, utilizándose estas especies de secano no solo para alimentar al ganado o a las personas, sino también para recuperar la fertilidad de campos de cultivo de secano, aumentando su productividad en años posteriores. Sin embargo, queremos señalar la complejidad de comprobar arqueológicamente este hecho, siendo una hipótesis de trabajo, como se describirá en la siguiente sección.

4.1.7 ¿Qué nos dicen los cambios de forma y tamaño sobre las leguminosas en el marco de estudio?

Aunque a nivel general los datos morfo-geométricos y biométricos son sesgados tanto por la escasez de leguminosas en algunas cronologías y regiones como por las leguminosas que no se pudieron conseguir para realizar este estudio; se han podido observar algunos

datos que, a pesar de necesitarse más referentes para poder profundizar en estas vías, son muy interesantes.

Las almortas, a pesar de que no tienen grandes cambios de forma entre las del periodo del 750 al 500 a.C. y las del 500 al 200 a.C., sí que se han observado diferencias en el tamaño que podrían indicar algún tipo de tendencia o influencia. Por ejemplo, las almortas de Sant Jaume (Tarragona) y las de les Malesses (Barcelona) son bastante más pequeñas que las del resto de yacimientos. Ambas son de diferentes periodos, por lo que no parece ser una cuestión cronológica, abriendo otras vías como la domesticación de los titarros silvestres de la región en este periodo, hecho que por ahora no se puede confirmar con la morfometría al no tener datos sobre diferentes variedades de ambas especies, pero que justificaría esta diferencia. La falta de influencia griega en Sant Jaume (García Rubert, 2011), y sus diferencias con el resto de semillas de esta especie, podría añadir peso a la idea de que las almortas de este yacimiento no tengan que ver con las de otros yacimientos del Primer Hierro, en los cuales existe una gran influencia griega y la introducción de las almortas podría estar relacionada con este hecho, pudiendo pertenecer los restos identificados a la especie autóctona silvestre. Tanto en la Monédière, con almortas entre el 750 y 500 a.C., y el 500 y 200 a.C., como en los yacimientos solo con almortas en el periodo más moderno se observa una reducción significativa en el tamaño de las almortas más modernas. Este hecho puede deberse a una selección determinada por variedades más adaptadas al clima. Por lo tanto, las almortas de les Malesses podrían ser más pequeñas por este motivo, sin embargo, es cierto que su tamaño es más pequeño que el resto de almortas más modernas, siendo más similares a las de Sant Jaume, por lo que otra hipótesis es que se traten de semillas de titarros cultivados. Todas estas interpretaciones son solo diferentes hipótesis surgidas por la falta de datos, sin embargo, consideramos que una mayor profundización en los análisis morfométricos de almortas y titarros ayudaría a interpretar correctamente estos datos.

En las lentejas el caso es muy interesante, ya que se ha observado como en Font de la Canya, único yacimiento con suficientes semillas de esta especie en diferentes muestras y cronologías para hacer comparaciones. En el periodo establecido entre el 750 y 500 a.C., predominan las formas redondeadas y los tamaños más grandes, mientras que entre el 500 y 200 a.C., esto cambia, ya que salvo una excepción las lentejas son pequeñas y alargadas, mostrando un cambio de tendencia que podría indicarnos la selección de una variedad por otra por diferentes motivos. También hemos observado cómo estos cambios no se producen por la mayor o menor irrigación, descartando esta posible causa, por lo que es más probable que se trate de un cambio en la selección de variedades que se está cultivando.

En los guisantes hay bastante homogeneidad hasta el último periodo, aunque en la fase entre el 750 y 500 a.C. hay muy pocos datos para poder considerarlos fiables. Todos los individuos de esta especie del cuarto periodo proceden de Lattara y Ampurias, yacimientos que precisamente tienen una fuerte influencia griega. Los guisantes procedentes de estos yacimientos son bastante diferentes tanto en forma como en tamaño a los anteriormente documentados en el Mediterráneo Occidental, por lo que podríamos

estar ante una nueva variedad relacionada con esta presencia colonial, incluso podrían tratarse de guisantes secos al ser más pequeños y algo más alargados en su cara lateral, hecho observado en las semillas actuales de estas variedades (Warkentin et al., 2015)

Respecto a los yeros, ya se ha descrito la falta de individuos y la escasez de diferencias observadas entre las muestras estudiadas, con alguna pequeña variación entre ellos, pero nada significativa.

Las habas son la especie mejor documentada en el marco de este estudio, ya que se han obtenido suficientes individuos de las cuatro regiones y cronologías, aunque en los periodos comprendidos entre el 1300 al 750 a.C. y el 750 al 500 a.C., tiene menos individuos. Otro problema se observa en el primer periodo, ya que todas las semillas proceden del sureste o del sur de Valencia, mientras que en el segundo periodo todas proceden del Portal Vielh del sur de Francia, las del tercero de la Monédière y Font de la Canya y las del 4º de yacimientos del noreste y del sur de Francia. Por lo tanto, la información se encuentra parcialmente sesgada cronológica y regionalmente. Las habas cuyas formas más difieren del resto son las del primer periodo, con contornos mayoritariamente alargados y un tamaño mayor que en el resto de cronologías. Las semillas de esta especie del segundo y tercer periodo son más redondeadas, especialmente las primeras, ya que tienen altos valores en el grupo intermedio y muy bajos en el alargado. Por último, las habas del periodo más moderno están bastante repartidas entre los tres grupos de forma. La distribución geo-cronológica de estas semillas influye notablemente en que dentro de cada periodo y región las habas sean bastante homogéneas, ya que hay una gran correlación entre las variables temporal y espacial. Por otro lado, no se observa un patrón o un cambio hacia formas concretas, por lo que estas diferencias pueden deberse a la simple evolución regional y cronológica de esta especie.

A pesar de no tener muchos individuos de vezas, se observan algunas diferencias entre sus formas. Las semillas procedentes de la Plana del Castell, fechadas entre el 1300 y el 750 a.C., tienen contornos más redondeados, pudiendo estar más relacionadas con formas silvestres de esta especie; mientras que las del último periodo, procedentes de La Bastida de les Alcusses tienen formas más alargadas. El alto volumen de individuos identificado en este último yacimiento se ha interpretado como una evidencia de su cultivo durante el periodo más moderno de este estudio.

En general, los estudios morfo-geométricos nos han abierto una ventana a posibles re-identificaciones más o menos precisas de leguminosas arqueológicas dudosas (figura 4.10). También los datos obtenidos nos han llevado a introducir la hipótesis de trabajo sobre un cultivo de leguminosas de secano inexistente hasta la Primera Edad del Hierro, aunque para confirmarla es necesario realizar más análisis morfo-geométricos en los individuos de yeros y almortas documentados durante el Neolítico. Por otro lado, estos análisis nos han permitido ver ciertos patrones en algunas especies que podrían indicarnos la preferencia de unas variedades sobre otras en algunos momentos, mientras que otras especies no parecen tener una influencia más allá de la propia distribución geo-cronológica.

Curiosamente la reducción de tamaño de las lentejas en Font de la Canya y de las almortas en Cataluña y Languedoc durante el cuarto periodo cronológico podría estar indicándonos cambios en el clima. Los datos etnográficos recogidos por Anne Butler en Etiopía muestran como estas sociedades seleccionan las especies de leguminosas de secano priorizando su resistencia a la sequía por encima de la productividad o el tamaño de los granos, prefiriendo las variedades con semillas más pequeñas ya que resisten mejor las condiciones adversas (Butler, 2009). En las regiones al norte del Ebro, los diferentes estudios climáticos realizados a través de isótopos estables en cereales muestran una reducción de la pluviometría durante el cuarto periodo cronológico, establecido entre el 500 y 200 a.C. (Aguilera et al., 2012; Alonso et al., 2004; Ferrio et al., 2006; Voltas et al., 2008), pudiendo ser este uno de los motivos por el cual se seleccionan variedades de menor tamaño en este momento cronológico. Este hecho explicaría la ausencia de cambios en los niveles de delta de carbono 13 entre los diferentes tipos de lentejas de Font de la Canya, aunque sus altos valores parecen indicar una irrigación en todos ellos.

Eficacia de los modelos predictivos

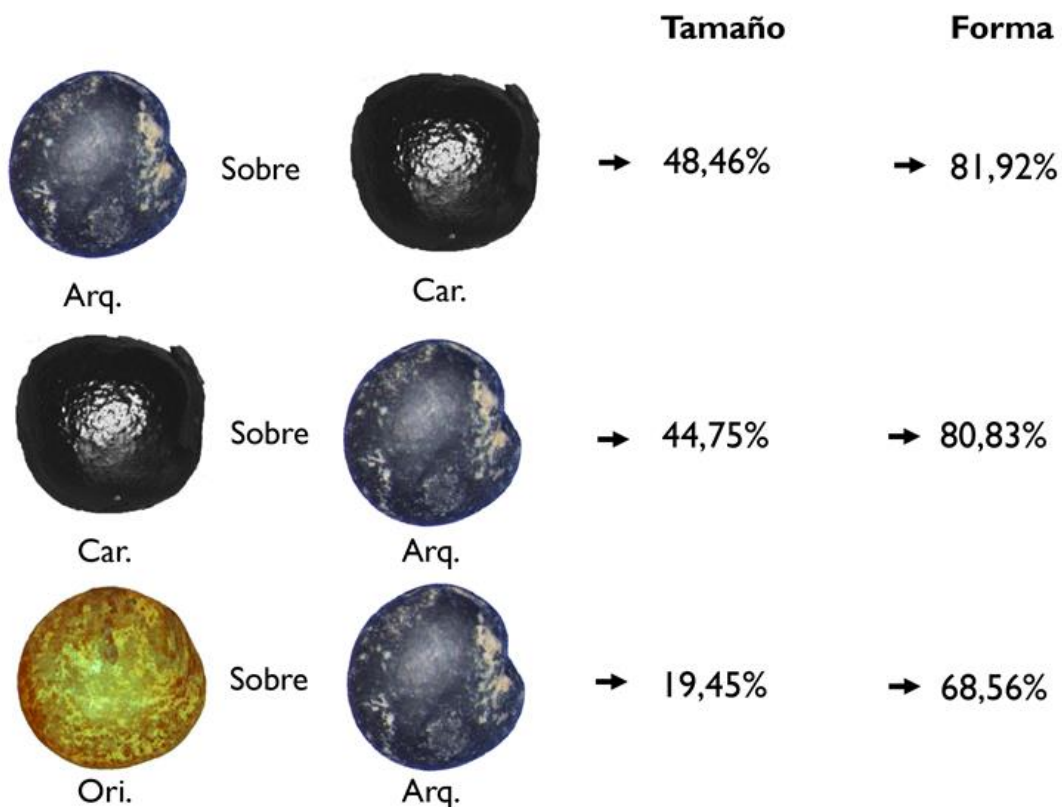


Figura 4.10: Resumen predictivo de los diferentes modelos lineales

4.2 Las leguminosas en los sistemas agrícolas del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C.

En esta sección vamos a proponer diferentes procesos agrícolas de las leguminosas en el Mediterráneo Occidental a través de los datos obtenidos hasta ahora además de utilizar comparaciones etnográficas (ver sección 1.3) para poder establecerlos. Se discutirá desde las diferentes formas de siembra de las semillas, pasando por su cultivo, cosecha, tratamientos posteriores y almacenamiento de estas especies.

Se ha observado que las herramientas relacionadas con el cultivo de leguminosas suelen ser las mismas que se utilizan para los cereales, ya que no existe un equipo especializado para el procesamiento de las legumbres. Los arados, los aperos de labranza, las hoces, las guadañas, los trillos, las horquillas de aventar y las cribas, así como el transporte y la tracción animal son comunes a ambos tipos de cultivo (Butler, 1992). Por este motivo no vamos a realizar una descripción detallada de estos objetos más allá de la detallada en el capítulo 1 ya que la bibliografía citada en ese capítulo recoge toda esta información de forma más detallada.

4.2.1 Tipos de cultivo y la preparación del terreno

Investigaciones anteriores sobre las leguminosas en el Mediterráneo Occidental desde el Neolítico hasta la presencia romana (Buxó, 1997) han establecido un esquema sobre las posibles formas de cultivar las leguminosas:

- Siembra en parcelas recientemente roturadas, de la misma forma que los cereales en seco.
- Siembras asociadas con cereales.
- Cultivos de tipo hortícola
- Cultivos en los surcos entre las viñas o los olivos
- Alternancia no sistemática y limitada en el tiempo en relación con los sistemas de rozas.

El tipo de cultivo ha sido tema de discusiones en otros trabajos, especialmente sobre el posible uso de sistemas de rozas. Ya en el II y I milenio a.C., no parecen ser el tipo mayoritario de cultivo en el Mediterráneo, ya que los datos de plantas adventicias y la presencia de herramientas como azadas y arados nos indican ciclos de cultivo cortos (Buxó, 1997; Rovira, 2007). Aún así esta posibilidad no es descartada por ningún investigador en ninguna área para esta cronología, incluso se considera un sistema probable en los primeros momentos de expansión agrícola a terrenos anteriormente no cultivados durante la edad del Bronce en la Cataluña Occidental (Alonso, 1999).

Todos los datos obtenidos anteriormente en esta investigación, nos llevan a ciertas ideas de cómo podría ser el sistema de cultivo de leguminosas y la preparación del terreno en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C. Se ha observado como en el registro arqueobotánico y en los posibles sistemas de cultivo se puede diferenciar ampliamente entre la Edad del Bronce y la Edad del Hierro. En esta primera, correspondiente a los dos primeros periodos (2200-1300 a.C. y 1300-750 a.C.), prácticamente solo se están cultivando habas y guisantes en las 4 regiones, por lo que probablemente se cultiven en terrenos con cierta irrigación o con al menos una alta humedad para que puedan crecer bien en un clima mediterráneo. Este hecho complica la posibilidad de realizar ciclos cortos con barbecho o de rotación de cultivos, ya que los cereales estarían cultivándose en seco, como muestran los resultados de los análisis isotópicos (Aguilera et al., 2009, 2012; Alonso et al., 2004; Araus et al., 1997; Ferrio et al., 2006; Ferrio et al., 2005; Mora González, 2017), mientras que las habas probablemente se estén irrigando, al menos en el sureste durante el II milenio a.C. (Araus et al., 1997; Mora González, 2017). La única leguminosa que podría estar utilizándose para rotar cultivos durante estos periodos es la lenteja, que es relativamente escasa, y cuando aparece es con pocos individuos. A partir del 1300 a.C., se observa un relativo aumento de esta especie, por lo que sí podría estar utilizándose para rotar cultivos, aunque sus bajos valores nos llevan a pensar que si esta alternancia se estaba produciendo sería bastante ocasional o marginal.

Ya a partir del 750 a.C., con el aumento de los valores de las almortas, yeros, lentejas y vezas, este panorama podría estar cambiando considerablemente. Estas especies son cultivos de seco, salvo las lentejas, que en ocasiones se cultivan en campos irrigados para obtener un mayor rendimiento. El aumento de estas especies, que se cultivarían en los mismos campos que los cereales de invierno, como muestra tanto la etnografía como las fuentes clásicas, probablemente se deba a un nuevo modelo productivo en el cual se están rotando cultivos de cereales con leguminosas. Este hecho es muy difícil de observar en el registro carpológico ya que la presencia de muestras con mayoría de leguminosas y algunos cereales puede deberse tanto a mezclas intencionadas entre estas semillas como a procesos posteriores a la cosecha y antes del almacenamiento. También pueden deberse a posibles cultivos mixtos, en los que se estén guardando las semillas conjuntamente para volver a sembrar el mismo tipo de cultivo, como la comuña (vezas y titarros mezclados con trigo vestido, cebada y centeno). Los datos obtenidos en la etnografía, en el registro arqueobotánico y en las fuentes históricas podrían respaldar la existencia de sistemas de rotación de cultivos a partir del I milenio a.C., especialmente si tenemos en cuenta el auge de estas especies en el noreste peninsular y en el sur de Francia a partir de la colonización griega, cultura con un gran cultivo de estas especies (Jones, 1992a; Mahler-Slasky & Kisleev, 2010; Sarpaki, 2001; Sarpaki & Jones, 1990; Valamoti et al., 2011). En las fuentes clásicas también se habla del uso del barbecho y el cultivo de las leguminosas para regenerar los suelos durante la época Clásica en Grecia (Jardé, 1979). Si se acepta que el aumento de las leguminosas de seco está relacionado con esta colonización, también se podría haber introducido este tipo de rotación de cultivos; no serían sistemas de rotación estrictos, pero sí que podrían asemejarse a los observados en Etiopia (Butler, 2002).

Respecto a las siembras asociadas de leguminosas a cereales, uno de los puntos establecidos por Buxó (1997), se verá en la sección correspondiente a los cultivos mixtos. El cultivo de legumbres entre los surcos de frutales es muy difícil de establecer con los datos arqueológicos, aunque las evidencias etnográficas y las fuentes históricas las describen como comunes para fertilizar los suelos de estos campos. La única forma de cultivo establecida por Buxó que consideramos poco probable en nuestra cronología es el cultivo de leguminosas en sistemas de rozas, ya que, aunque se estén colonizando nuevos terrenos de cultivo, parece poco probable que se esté realizado estos sistemas de ciclo largo durante el II y I milenio a.C.

Los trabajos de preparación del terreno antes de la siembra pueden ser de diferentes formas, como ya hemos visto. La etnografía nos muestra cómo en terrenos extensivos y con fácil acceso se labra con el arado, permitiendo una gestión de una mayor superficie, mientras que, en los terrenos de agricultura intensiva de regadío, al ser de menores dimensiones se suele realizar con azadas y otras herramientas manuales, profundizando más y mejorando la renovación del terreno. En los terrenos de secano con difícil acceso también se realiza de forma manual, aunque en menos profundidad que en las huertas, llegando incluso solo a rastrillarse o prácticamente no labrándose, dejándose estos terrenos para cultivos secundarios como las leguminosas de secano, como en el norte de Grecia, donde los suelos donde no crecían los trigos se destinaban a las legumbres (Halstead, 2014). Este tipo de labranza o su ausencia de ella podría estar ocurriendo en los campos de cultivo marginales durante el II y I milenio a.C.; sin embargo, no tenemos ningún dato empírico más allá de los paralelos etnográficos. La escasez de malas hierbas en las leguminosas podría indicarnos la labranza de sus cultivos, sin embargo al tener las semillas de leguminosas un tamaño considerable es más fácil limpiarlas durante el tamizado, por lo que no podemos interpretar nada con este dato.

4.2.2 Siembra de leguminosas

La mayoría de las leguminosas son polivalentes respecto a la época en la cual se pueden sembrar, teniendo en cuenta varios factores para elegir cual es el momento más apropiado para realizarla. No obstante, el rango de época de siembra en el Mediterráneo va desde comienzos del otoño, en septiembre a comienzos de la primavera, en marzo.

De nuevo, los datos arqueobotánicos no nos permiten establecer en qué momento del calendario agrícola se produjo la siembra de estas especies, ya que hay pocas especies adventicias vinculadas a las concentraciones de leguminosas, las únicas que podemos interpretar como posibles cultivos independientes de estas especies.

En algunos casos podemos interpretar cuando pudo producirse su siembra, por ejemplo, en los guisantes de Llo, la presencia de *Lolium perenne/rigidum*, especie que grana en verano, podría deberse a una siembra en primavera, produciéndose la maduración en verano, coincidiendo con el raigrás. Por otro lado, la altitud en la que se encuentra el yacimiento (1400 metros sobre el nivel del mar), conlleva a fuertes heladas en invierno y

comienzos de primavera, por lo que es más probable que se realizase una siembra tardía para evitar las bajas temperaturas. En las almortas de La Monédière, es más difícil establecer u momento de siembra, ya que las especies adventicias relacionadas, sobre todo de los géneros *Silene* y *Aspergula*, tienen un prolongado periodo de floración y fructificación, por lo que podrían ser sembradas tanto en otoño como en primavera.

En general, con la información agronómica, etnográfica y de las fuentes clásicas, podemos establecer algunos patrones que podrían estar sucediendo en nuestro marco de estudio, sin embargo, es importante remarcar que la propia heterogeinadad observada en las sociedades tradicionales mediterráneas, estuviese también sucediendo en la Edad del Bronce y del Hierro.

En líneas generales, las lentejas, guisantes, almortas, titarros y yeros se siembran en la mayor parte del Mediterráneo Occidental en otoño actualmente, también las fuentes clásicas recogen esta información. Mientras que los garbanzos y las habas se siembran mayoritariamente en primavera, aunque con excepciones en todos los casos dependiendo del clima.

Las lentejas en las regiones con climas termo y meso mediterráneos no áridos se siembran preferiblemente en otoño (Jones, 1983); y en diciembre o enero en regiones más áridas como (El-Matt, 1979; Saxena, 1979). En las regiones con inviernos fríos se siembran en primavera (Harris, 1979, Butler, 1992). Por lo tanto, consideramos que probablemente en nuestra área de estudio la siembra de lentejas se diese principalmente en otoño, con alguna excepción en las regiones más áridas del sureste, que podría realizarse en invierno, y en las regiones con inviernos fríos del interior, que se realizaría en primavera. De nuevo, queremos enfatizar en que son suposiciones generadas a través de los datos agronómicos, climáticos y etnográficos.

Los guisantes probablemente se sembrasen en otoño en la mayor parte del área de estudio, ya que son poco tolerantes a la sequía y las altas temperaturas (Warkentin et al., 2015), evitando de esta forma los meses más áridos y cálidos durante su cultivo. Sin embargo, en zonas de interior con inviernos muy fríos podrían sembrarse en primavera, como en el caso de Llo. En algunos casos se ha documentado su siembra en primavera en regiones con pocas precipitaciones, pero solo para su consumo verde, evitando de esta forma los meses más áridos, hecho que también podría realizarse en la protohistoria.

Las almortas es otra especie que probablemente se sembraría en otoño o comienzos de invierno en la mayor parte del área de estudio, aunque en lugares con inviernos fríos se realizaría en primavera, como sucede actualmente en el norte de la Península Ibérica, (Peña Chocarro & Zapata, 1999). Los titarros aguantan mejor el frío pudiéndose cultivar actualmente en otoño o invierno en prácticamente toda el área mediterránea (Franco Jubete, 1991), hecho que también podría suceder en el II y I milenio a.C.

Los yeros, aunque se pueden sembrar en los meses descritos como generales en las leguminosas al aguantar bien el frio, no se recomienda que se realice más tarde de enero para mejorar su rendimiento (Melero Bravo et al., 2003) hecho que ya se describe en la obra de Columela.

Los garbanzos actualmente se siembran preferiblemente en primavera, sin embargo no se debe al clima, sino para evitar pérdidas por el ataque de hongos del género *Ascochyta* (Singh et al., 2007), por lo que este hecho podría suceder en la protohistoria, aunque no existen evidencias de la presencia de estos hongos en nuestro eje cronológico, las fuentes clásicas ya hablan de este fenómeno y su siembra tardía.. Las habas, al tener unas necesidades hídricas más altas, probablemente se sembrasen en primavera en los lugares donde las precipitaciones otoñales e invernales fuesen escasas. Sin embargo, como los datos isotópicos evidencian su irrigación (Araus et al., 1997; Mora González, 2017), y su floración no toleran las heladas, pero si en su crecimiento anterior, podría haberse realizado a finales de otoño en lugares con primaveras sin heladas, siendo necesaria su irrigación para obtener habas secas, aunque podrían no irrigarse para su consumo en verde, ya que se evitarían los meses áridos del verano, hecho observado etnográficamente en Grecia (Halstead, 2014).

El tipo de siembra es incluso más difícil o imposible de establecer que el momento de la siembra en el registro arqueobotánico. Por este motivo la mayor información que podemos obtener para intentar interpretar cómo se realizaba durante el II y I milenio a.C., son las fuentes etnográficas y clásicas. La seimbra por voleo parece poco eficiente para el tipo de cultivo de leguminosas que parece producirse durante la protohistoria, con cultivos intensivos de las especies de regadío o en campos marginales las de secano. Sería más probable una siembra manual (figura 4.11) en los cultivos intensivos de pequeñas dimensiones. La siembra en surco abierto por el arado, podría realizarse en cultivos de leguminosas de secano, permitiendo de esta forma un escardado posterior más eectivo que la siembra a voleo además de necesitar menos simiente y tener menos pérdidas. Según la etnografía también se utiliza este sistema en cultivos intensivos de un tamaño considerable (Halstead, 2014)



Figura 4.11. Ejemplo de siembra manual. © amenic181

4.2.3 Cultivos mixtos de leguminosas con cereales

Como ya hemos visto en la sección en la que se recoge toda la información etnográfica (1.3.3) este tipo de cultivos se encuentra muy extendido en todos los sistemas agrícolas tradicionales observados. Esta técnica se ha realizado por las grandes ventajas que presentan frente a los monocultivos, especialmente si se combinan especies de diferentes familias, como cereales y leguminosas. Los provechos más significativos son: una intensificación de la producción, una reducción del riesgo de pérdidas, la producción de forrajes equilibrados para el ganado, el aumento de la fertilidad del suelo al utilizarse leguminosas, mayor control de las plantas adventicias, protección ante el viento y la erosión de los cultivos y una menor dedicación de mano de obra durante su cultivo, ya que de esta forma se previene el crecimiento de especies adventicias y su necesidad de escardado es menor (Butler, 1999). Sin embargo, también generan una serie de desventajas, como una cosecha más prolongada y manual, ya que, si su destino no es el forraje, se tienen que recolectar cada especie por separado al tener tiempos de fructificación diferentes.

En las fuentes clásicas romanas, Catón, Plinio y Columela, también hacen referencia a este tipo de cultivos, aunque no queda muy claro si se han cultivado en conjunto o si se refieren a una mezcla realizada posteriormente para alimentar al ganado. Entre estos posibles cultivos mixto destaca el *ocinum*, una mezcla de vezas, yeros, alholvas, habas y almortas mezcladas con trigo vestido, utilizado como forraje para los ovicápridos y bóvidos.

Probablemente su difícil cosecha para obtener grano ha generado que actualmente los cultivos mixtos sean poco comunes en la agricultura mecanizada. Aunque por la información etnográfica, agronómica e histórica sabemos que tuvieron un rol bastante importante hasta mediados del siglo XX, momento en el que se comenzó a generalizar la mecanización de la agricultura.

En las sociedades del Mediterráneo Occidental durante el I milenio a.C., es muy probable que se estén produciendo este tipo de cultivos. La mayor frecuencia y cantidad de semillas de leguminosas de secano frente a las irrigadas, probablemente refleje cambios en el modelo productivo agrícola, siendo uno de ellos los cultivos mixtos, los cuales tienen una serie de ventajas productivas como vimos anteriormente. Sin embargo, la identificación de cultivos mixtos a nivel arqueobotánico es compleja, debido a varios motivos como: la posibilidad de ser mezclas posteriores, que sean especies cultivadas que se comporten como malas hierbas en otros cultivos o simplemente a que se encuentren en contextos de basurero y sean mezclas que se han realizado al tirar los restos.

En muy pocos yacimientos se han identificado mezclas de leguminosas con cereales en porcentajes que permitan ser cultivos mixtos en contestos donde exista la posibilidad de que sean muestras relativamente cerradas. En Sant Jaume, se ha recuperado una muestra con una mezcla de diferentes especies de cereales y leguminosas, situada en una unidad estratigráfica de derrumbe que ha sido interpretada como los niveles de uso de un segundo

piso tipo altillo de una estructura interpretada como un establo (López et al., 2011). Esta mezcla de especies que aparece en un contexto de uso o almacenamiento, podría ser un referente de este tipo de cultivos para forraje. En les Malesses, dos muestras presentan mezclas más o menos parejas entre almortas/titarros y trigo, este hecho es interesante ya que proceden de niveles de uso y podrían tratarse de muestras relativamente cerradas, siendo el reflejo de un cultivo, aunque no es tan evidente como el caso de Sant Jaume. En una muestra situada en un nivel de uso de La Monédière, se ha documentado una mezcla de $\frac{3}{4}$ partes de habas y una de cebada vestida, siendo proporciones bastante semejantes a cultivos mixtos etnográficos. Por último, en Le Chemin de la Farigoule, hay dos muestras procedentes de un derrumbe con mezclas entre almortas, yeros y cebada. En este caso, podrían proceder de algún tipo de estructura pedercedero situado en una pared, como una estantería o saco, siendo un reflejo de un cultivo misto, ya que estas especies suelen cultivarse conjuntamente en las observaciones etnográficas (Anexo VI).

Por otro lado, en una serie de yacimientos se han identificado diferentes muestras con mezclas de cereales y leguminosas, sin embargo, su contexto procede de niveles de rellenos o basureros, siendo muy improbable que procedan de un mismo cultivo. En Font de la Canya, se han identificado muestras con mezclas de cereales y leguminosas en diferentes proporciones, destacando las mezclas de lentejas con cebada, y de guisantes con trigo. Un caso muy similar se observa en el Puig de Sant Andreu de Ullastret, con una mezcla con habas y cebada, procedentes del relleno de un silo. En Lattara, se han identificado dos muestras procedentes de rellenos, una con un 50% de almortas/titarros y una mezcla de cebada y trigo; y la otra con un 60% de guisantes con diferentes especies de trigo. En Port Ariane se ha documentado una mezcla de almortas/titarros con trigo farro y cebada vestida, también procedentes de un relleno. En la Monédière, se ha identificado una mezcla de almortas/titarros con cebada vestida en un nivel de relleno (Anexo VI).

Durante el II milenio a.C. en el Mediterráneo Occidental estos cultivos parecen más improbables al no disponer de especies de leguminosas que crezcan bien en ambientes de secano, salvo las lentejas, de las cuales no se han identificado muchos restos. Existe la posibilidad de cultivos de habas y guisantes en secano, pero necesitarían tierras fértiles y con niveles freáticos altos para poder desarrollarse de forma productiva, además los análisis de isótopos realizados sobre las habas parecen indicar que estaban siendo irrigadas durante su cultivo, mientras que los cereales se cultivaban en contextos de secano. Sin embargo, en Eras del Alcázar se han documentado algunas muestras que no proceden de rellenos o basureros en las cuales hay mezclas entre leguminosas y cereales. Especialmente entre habas y trigo harinero/duro, entre guisantes y escaña menor, y entre habas, trigo harinero/duro y cebada (Anexo VI). Otro caso es el de Acinipo, con guisantes y cebada, cultivo mixto también observado en la etnografía (figura 4.12).

La presencia de mezclas de semillas de cereales y leguminosas durante la Edad del Bronce son menos comunes que durante la Edad del Hierro. Su origen podría deberse a procesos posteriores a la cosecha, como un almacenamiento conjunto para elaborar harinas mezcladas entre cereales y leguminosas, hecho común observado en la etnografía

(Halstead, 2014; Sarpaki, 1992). Sin embargo, podrían proceder de cultivos mixtos, en los cuales algunos cereales se cultiven de forma intensiva junto a las leguminosas para usos concretos en un momento dado o como forma de subsistencia en años muy secos. En algunos estudios isotópicos del sureste durante el Bronce Argárico (Mora González, 2017) se ha comprobado como algunos cereales podrían estar irrigados, aunque no es seguro, pudiendo reflejar este tipo de cultivo mixto.



Figura 4.12: Cultivo mixto de guisantes y cebada destinado para forraje.
Foto W. Kirleis, en Filatova et al. 2019

4.2.4 Tratamiento de los cultivos: escardado irrigación y abono de leguminosas

Como ya hemos visto anteriormente, las leguminosas son malas competidoras contra otras especies, por lo que es importante eliminar las plantas adventicias para garantizar una cosecha productiva. Probablemente fuese una tarea que se haya desarrollado incluso antes del comienzo de la agricultura, fomentando las especies de cereales y leguminosas sobre el resto.

De nuevo, el contexto arqueobotánico es difícil conocer sobre si se está produciendo un escardado de los diferentes cultivos, ya que únicamente podemos registrar la falta de malas hierbas como una evidencia de este proceso. Sin embargo, la cosecha, el trillado, aventado y tamizado pueden provocar también que no se encuentren este tipo de semillas en un cultivo. En las leguminosas del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio no existen casi especies adventicias asociadas, a diferencia de los cereales en los cuales suele haber mayor presencia de estas especies. El mayor tamaño del grano de las leguminosas puede ayudar a su tría a través del tamizado o la selección manual, pero uno de los principales motivos de la ausencia de semillas de especies adventicias puede ser el tipo de cosecha, ya que etnográficamente se ha documentado como se realiza principalmente arrancado la planta, dejando las especies adventicias en el campo de cultivo, o recogiendo manualmente las vainas maduras. Muy probablemente las acciones de escardado, tanto a mano como con azada (figura 4.13), se estuviesen llevando a cabo en los cultivos de leguminosas, ya que es uno de los principales trabajos agrícolas recogido y señalado tanto en la etnografía como en las fuentes clásicas.

Precisamente, Columela describe el tiempo necesario para desarrollar esta actividad dependiendo del cultivo realizado y la extensión de la finca en la cual se realizase. Como se puede observar en el capítulo 1.4 esta actividad conllevaría una parte de la inversión total de mano de obra, por lo que presumiblemente en la agricultura prerromana del Mediterráneo Occidental ya se realizase este tipo de actividad para mejorar el rendimiento agrícola.



Figura 4.13: Ejemplo de descartado. Foto Jerry Redfern

En el registro arqueobotánico se puede comprobar el aporte hídrico que tuvieron las plantas a las cuales pertenecen las semillas que se recuperan en los diferentes yacimientos a través de análisis de isótopos estables. En el caso de las leguminosas del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., se han realizado algunos estudios, aunque no al mismo nivel que los del trigo o la cebada. Estos análisis se han centrado sobre todo en semillas de habas del II milenio a.C. en la región de sureste (Araus et al., 1997; Mora González, 2017). En estos análisis se observa cómo en la mayoría de los casos los valores delta del carbono 13 son más altos para las habas que para los cereales. A través de comparaciones con individuos actuales entre las diferentes especies se ha llegado a la conclusión de que esta leguminosa está siendo irrigada mientras que la mayoría de los cereales se cultivan en entornos de secano, aunque en algún caso parece observarse algún cultivo de habas en secano y de trigos con cierta posible irrigación (Mora González, 2017).

Aunque no se ha publicado, hemos realizado un análisis de isótopos estables de carbono en las semillas de lentejas de Font de la Canya para comprobar si sus diferentes formas y tamaños están ligados con el mayor o menor aporte hídrico a estos restos. Aunque se ha observado una pequeña tendencia a que las lentejas más grandes tengan un valor ligeramente más alto de $\Delta^{13}\text{C}$, no es una norma general y parece que se cumple dentro de cada grupo de semillas, es decir, que las lentejas más grandes dentro de una misma muestra con lentejas que tiene más o menos formas y tamaños parecidos tienen este valor algo más alto, pero no se observan diferencias significativas entre los grupos de lentejas

pequeñas y alargadas con las más grandes y redondeadas. Sin embargo, sobre su posible irrigación, tema que nos interesa en este apartado, parece ser bastante probable, ya que los valores obtenidos de $\Delta^{13}\text{C}$, son bastante altos. Aunque no existen más referentes para comparar estos resultados en el Mediterráneo Occidental, los análisis desarrollados en Siria sobre lentejas actuales (Wallace et al., 2013), nos muestra como las semillas irrigadas de esa región tienen valores de $\Delta^{13}\text{C}$ incluso inferiores a los obtenidos en Font de la Canya. El resultado del análisis sobre leguminosas en el Mediterráneo Oriental y el suroeste de Asia durante el Neolítico y la Edad del Bronce muestra como la irrigación en las lentejas se realizaba en varios yacimientos, mientras que parece que en Assiros Toumba se irrigarían también los yeros, siendo el único caso de esta especie irrigada, aunque este yacimiento se encuentra en una región más húmeda que el resto. Curiosamente los guisantes presentan índices más bajos de $\Delta^{13}\text{C}$, por lo que puede que se cultivasen como forraje para el ganado. Con estas comparaciones, probablemente las lentejas de Font de la Canya se estén cultivando en campos irrigados o en su defecto con una gran cantidad de humedad, sin embargo, al no tener comparaciones actuales tampoco podemos saber si este dato se debe a las precipitaciones de la zona o al cultivo en zonas donde el nivel freático es muy alto, características de varios campos de cultivo de la zona.

En general con los datos observados tanto en la etnografía, como en las fuentes clásicas y los datos de isótopos estables, podemos establecer con bastante seguridad que al menos las habas del sureste durante el II milenio a.C., se estarían cultivando en campos irrigados, en huertas o en lugares húmedos cuyo nivel freático fuese lo suficientemente alto como para permitir un alto grado de humedad en el suelo que permitiese crecer suficiente estas plantas en los primeros meses de su maduración (Araus, 1997). Los guisantes parecen ser que se podrían cultivar tanto en secano como en regadío, por ahora los datos morfométricos parecen indicar que las semillas documentadas de esta especie antes del 500 a.C. podrían pertenecer a variedades de guisantes de huerto, las cuales necesitan irrigación y se consumen frescas, mientras que las más modernas podrían proceder de variedades de secano, aunque para confirmar esta idea se necesitan más datos morfométricos de las variedades actuales para comparar. La lenteja es una especie que se cultiva tanto en secano como en regadío; su alta resistencia a la sequía permite su cultivo en secano, sin embargo, su rendimiento es menor que si se irriga. Probablemente al ser una especie destinada especialmente al consumo humano, al menos sus semillas, podría tener una mayor atención por parte de las poblaciones del pasado, como se ha observado en sociedades tradicionales griegas (Halstead, 2014), cultivándose en ocasiones en campos irrigados o huertos. Las lentejas de Font de la Canya parecen cultivarse de esta forma, en campos irrigados, aunque la falta de comparación con otras especies o cultivos actuales dificulta poder confirmar este tipo de cultivo. El caso de los garbanzos es algo similar ya que es una especie que puede cultivarse tanto en secano como en regadío, aunque es menos tolerante a las sequías que las lentejas. Debido a su escaso número en la protohistoria del Mediterráneo Occidental es complicado analizar si su cultivo se irrigaba o no.

El resto de especies de leguminosas probablemente se estuviesen cultivando en secano (figura 4.14), incluso rotando con los cereales de invierno para mejorar la fertilidad del

suelo como ya vimos en el apartado correspondiente. Tanto las almortas como los yeros y las vezas son leguminosas que soportan bien la sequía y crecen en cultivos de secano y en tierras poco fértiles y alejadas, ya que la menor atención que necesitan durante su crecimiento, además del menor valor que parecen darles en la agricultura tradicional (Halstead, 2014), permite no estar tan pendiente como los cultivos de cereales o de las leguminosas destinadas al consumo humano. Este hecho es muy importante ya que se observan principalmente dos tipos de leguminosas muy diferentes por sus necesidades hídricas, no siendo lo mismo el cultivo de habas y algunas variedades de guisantes que el resto de especies, aunque de estas últimas en ocasiones se irrigan las que tienen un mayor valor para el consumo humano, como las lentejas o los garbanzos, mejorando de esta forma su cultivo. El gran aumento de las leguminosas de secano a partir de la I Edad del Hierro, nos indica un cambio sustancial en la distribución de los cultivos, pudiéndose estar extendiendo la superficie cultivada además de entrar en juego la rotación de cultivos, hecho que la etnografía nos ha mostrado que aumenta a la par que la demografía, dedicándose menos cultivos a barbecho o al pastoreo. Esta situación de aumento demográfico estaría sucediendo durante ambas edades del Hierro (Sanmartí, 2004; Sanmarti, 2005), por lo que el aumento de estos cultivos puede reflejar este proceso de colonización de zonas anteriormente reservadas para el pastoreo y un aumento de la rotación de cultivos.



Figura 4.14: Cultivo de almortas en secano en La Rioja. Foto: Gobierno de la Rioja

En los estudios etnográficos que describen en algún momento el cultivo de leguminosas no se ha reflejado una fertilización del suelo establecida de forma generalizada como sí ocurre con otros cultivos. Haslstead, a través de otros estudios anteriores observa cómo en ocasiones se pueden incorporar tortas de estiércol a las semillas durante su siembra, sin embargo, no forman parte del tratamiento normal del suelo en los cultivos de leguminosas (Eser, 1979; Lahoud et al., 1979). Anne Butler (1992) también ha observado como los cultivos de leguminosas en grano no se abonan, sin embargo, a través de estudios anteriores si observa cómo en diferentes lugares del suroeste de Asia y del Mediterráneo oriental establecen cultivos de leguminosas cuando la concentración de nutrientes del suelo parece ser baja, consiguiendo de esta forma "refrescar el suelo" (Tsegay, 1996). Otra práctica muy extendida con las leguminosas es su uso como abono en verde, segándolas antes de madurar y de que generen semillas para evitar su posible competencia con el siguiente cultivo, una vez cortadas se mezclan con la tierra y se dejan descomponer, nitrogenando y fertilizando de esta forma los diferentes suelos agrícolas (Franco Jubete, 1991).

4.2.5 Cosecha

Como en la siembra, los cultivos mixtos o la preparación del terreno previa a la siembra, es muy difícil establecer el tipo de cosecha que se está produciendo a través de los datos arqueobotánicos. Por lo tanto, para poder interpretar posibles formas de cosecha en el marco de estudio nos hemos basado en datos etnográficos, en las fuentes clásicas y en la información que se ha podido obtener del registro arqueológico y arqueobotánico.

En las secciones de este trabajo en las cuales se ha recopilado tanto la información etnográfica (1.3.6) como de las fuentes clásicas (1.4.5) se ha observado como existen diversas formas de cosechar leguminosas, destacando el arrancado completo de la planta y la selección vaina a vaina, técnicas que no se suelen observar en los cereales. Otro tipo de cosecha es con hoces y guadañas, herramientas utilizadas especialmente para los cereales, aunque también pueden usarse en otro tipo de cultivos, como en este caso.

Probablemente, la cosecha se realizase durante las primeras horas de la mañana, o al atardecer como se recoge en las fuentes clásicas y etnográficas, evitando así el calor y disminuyendo el riesgo de abertura de las vainas y la pérdida de las semillas. Su cosecha se produciría antes de que estuviesen muy maduras, evitando de nuevo esta pérdida. Sin embargo, en la etnografía se ha observado como en ocasiones la cosecha se produce con las vainas muy maduras, debido a la escasez de mano de obra y la mayor atención a la cosecha de los cereales. De nuevo, hay que señalar que no tenemos ninguna evidencia arqueológica directa de este hecho.

En la etnografía, muchos estudios han documentado cómo en las sociedades tradicionales de la cuenca mediterránea, la cosecha de las legumbres se continúa realizando arrancando la planta entera (Jones, 1983, 1984; Hillman, 1984, 1985; Butler, 1990, 1992; Halstead, 2014). En las fuentes clásicas también se recoge este dato, Plinio incluso vincula su

nombre en latín *legumina* con *leguntur*, que significa arrancar (HN 18.165). Con estos datos consideramos que esta forma de cosecha sería bastante habitual en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., especialmente si tenemos en cuenta que en los datos arqueobotánicos parecen predominar los cultivos a pequeña escala de leguminosas, siendo esta forma de cosecha la predominante en este tipo de producciones. Por otro lado, esta técnica podría justificar la falta de especies adventicias en las muestras arqueológicas donde hay concentraciones de leguminosas; aunque podría ser por otros motivos, como el tamizado y limpieza.

Durante la Edad del Bronce se han documentado muy pocas leguminosas de secano, incluso podrían no estar cultivándose en esta cronología. Las concentraciones de leguminosas de este periodo, de habas y guisantes, tienen incluso menos especies adventicias vinculadas que las de la Edad del Hierro. Al analizar las fuentes etnográficas sobre estas dos especies, observamos que cuando su cultivo es irrigado y su finalidad es el consumo humano, ya sean de forma fresca o seca, se suelen cosechar vaina a vaina (figura 4.15), alargando de esta forma el periodo de cosecha y su productividad. Por lo tanto, las habas y los guisantes de la Edad del Bronce podrían, al menos en algunas ocasiones, estar siendo cosechadas manualmente, vaina a vaina.

El uso de herramientas específicas para la cosecha de leguminosas también se ha documentado en las fuentes clásicas y etnográficas. Este tipo de herramientas se utilizan más en algunos casos concretos. En los cultivos de ciertas dimensiones son más utilizados estos aperos ya que la cosecha se realiza más rápidamente que a mano, aunque no siempre, existen ejemplos de grandes cultivos de almortas en Etiopía que se cosechan vaina a vaina dejando la planta en el campo para posteriores usos pastorales (Butler et al., 1997). Su corte se realiza a baja altura, ya que el valor de la planta como forraje es muy alto, más que la paja de los cereales, por lo que conviene cosecharla en su totalidad. En nuestro marco de estudio es probable que junto a las técnicas anteriores también se produzca este tipo de cosecha en los cultivos de mayor tamaño, aunque de nuevo la información arqueobotánica no nos aporta mucha información ante la escasez de especies adventicias en la mayoría de las concentraciones, aunque no todas. La presencia de unas pocas concentraciones con un cierto número de especies adventicias podría indicarnos que se estén realizando diferentes tipos de cosecha de leguminosas, aunque de nuevo hay que tener cuidado con estas interpretaciones, ya que la falta o presencia de estas especies puede deberse a procesos posteriores, como el tamizado.

El uso de hoces y guadañas, según la etnografía, se utiliza más en los cultivos mixtos o cuando se siegan las leguminosas en verde como forraje o abono en verde, ya que al estar todavía algo verdes su corte es más sencillo que arrancarlas. Por otro lado, no existe el riesgo de pérdida de semillas por la fractura de las vainas, por lo que su cosecha no tiene que ser tan meticulosa como en los casos anteriores.

Por otro lado, como ya vimos anteriormente, en la etnografía se recoge cómo algunas especies se cosechan preferiblemente arrancando la planta entera, en otras se realiza vaina a vaina o con hoces o guadañas. Las técnicas se pueden intercambiar, existiendo un factor cultural bastante importante en su elección. Este hecho probablemente también sucediese

durante la protohistoria, ya que cada especie tiene sus propias peculiaridades haciendo más efectivo un sistema u otro.

El momento de la cosecha en las sociedades agrícolas tradicionales mediterráneas está muy marcado en el calendario agrícola, como ya hemos visto en el apartado 1.3.6, comenzando en primavera con la cosecha de las leguminosas sembradas en otoño/invierno, seguidas de la cebada, el trigo, la avena y, por último, ya en otoño los cultivos sembrados en primavera. Este calendario probablemente fuese el mismo durante el II y I milenio a.C., ya que las especies no han cambiado tanto como para tener otros ciclos de crecimiento ni las estaciones han sufrido tantos cambios, a pesar de la propia evolución del clima.

El tipo de cosecha de las leguminosas es más lento y costoso que el de los cereales, hecho que según la etnografía provocaría cultivos más pequeños de estas especies. También se ha observado que cuando falta mano de obra o la cosecha de leguminosas se alarga solapándose con los cereales, se prioriza esta última, no cosechándose las leguminosas hasta el final, independientemente del riesgo que supone por la pérdida de semillas en las vainas.



Figura 4.15: Diferentes ejemplos de cosecha de leguminosas vaina a vaina de frijoles (*Phaseolus vulgaris*) y jícama (*Pachyrhizus erosus*) en Yucatán, México. Fotos: Castillo Caamal

La gran necesidad de mano de obra en la cosecha de las leguminosas parece provocar un cultivo a menor escala y como suplemento a un sistema agrícola cerealístico. Este mismo proceso podría estar sucediendo en nuestro marco de estudio, produciéndose su cultivo por un interés agronómico y para un consumo doméstico, tanto humano como para el ganado. Sin embargo, a pesar de su menor escala, el cultivo de las leguminosas tiene un papel importante en los ciclos agrícolas (figura 4.16) por varios motivos: 1) permiten la rotación de cultivos; 2) mejora la capacidad de supervivencia al diversificar la producción y 3) cierra el calendario agrícola permitiendo tener un trabajo constante a lo largo del año, minimizando pérdidas por retrasos en cosechas de una sola especie. La información etnográfica muestra un gran interés por las sociedades tradicionales en la necesidad de tener este tipo de cultivos, observando una importancia mayor que la que parece mostrar el registro arqueobotánico, pudiendo existir una infrarrepresentación de restos de esta familia por los motivos tafonómicos que ya se han descrito anteriormente.

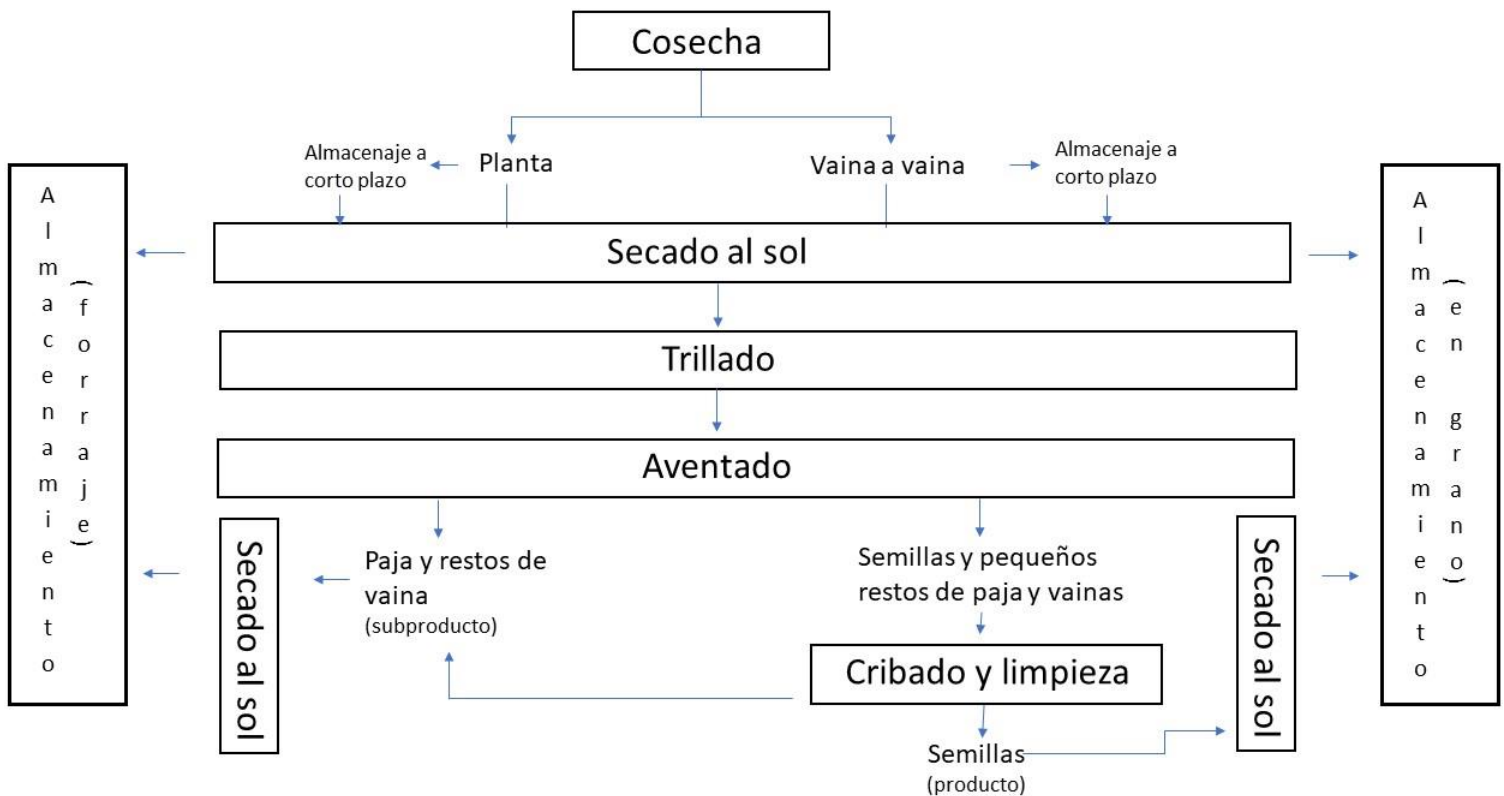


Figura 4.16: Esquema que resume las principales fases agrícolas de la transformación de las legumbres antes del almacenamiento (Tarongi et al., 2020)

4.2.6 Trilla, aventado, tamizado y limpieza de leguminosas

En el registro arqueobotánico de leguminosas es muy difícil de observar marcas o indicios de restos del proceso de trilla. A diferencia de los cereales, no se han documentado prácticamente ningún resto de vaina o de otras estructuras del fruto de leguminosas en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C. Probablemente se deba a su menor resistencia a la carbonización, calcinándose estos restos muy rápidamente, no conservándose de ninguna forma. En otras regiones y cronologías sí que se han documentado restos de vainas de guisantes embebidas en agua (Antolín & Schäfer, 2020) o incluso vainas de lentejas carbonizadas (Bogaard et al., 2009). Por lo tanto, disponemos de muy poca información para poder realizar interpretaciones sobre posibles formas de trillado, basándonos, de nuevo en fuentes clásicas y etnográficas.

Sin embargo, al reanalizar de forma visual las leguminosas arqueológicas durante el estudio morfométrico, se han observado habas cortadas de forma regular antes de la carbonización, el corte es limpio, sin marcas de deterioro, y por el tipo de superficie se observa que la carbonización se produjo posteriormente a este corte. Estas marcas son las únicas que hemos observado que podrían estar relacionadas con estos procesos, surgiéndonos la duda de si este tipo de cortes podrían deberse a una trilla realizaba con trillo.

A parte de este hecho, en general consideramos que la trilla de estas especies en el marco de estudio sería bastante similar a la observada en la etnografía u fuentes clásicas. En un primer momento, las plantas o vainas se transportarían algo secas a los lugares donde se fuesen a trillar, ya sean eras, campos en barbecho o incluso espacios domésticos. En estos lugares se dejaría secar durante varios días antes de comenzar a tratarlas. Las plantas destinadas a forraje no necesitarían tratarse antes de su almacenamiento, únicamente secándose para evitar pérdidas por podredumbre. Únicamente las plantas destinadas a leguminosas en grano o simiente para el próximo cultivo se trillarían.

Los datos arqueobotánicos y etnográficos nos sugieren que el cultivo de las leguminosas fuese mayoritariamente en pequeñas parcelas, por este motivo es posible que bastantes cosechas del II y I milenio a.C. se estén trillando de forma manual, a través de golpes con mayales, palos u otros instrumentos que permitan romper las vainas. La ventaja de este tipo de trilla es que podría realizarse en espacios domésticos, por lo que podrían almacenarse las plantas secas de estas especies y realizarse la trilla a lo largo del año, no quitando tiempo a otras labores prioritarias.

Por otro lado, en cosechas de mayores dimensiones, la trilla se realizaría con el uso de ganado o trillos para pisar o cortar y romper las vainas y poder obtener las semillas (figura 4.17). Este tipo de trilla podría realizarse en las habas o guisantes del II milenio a.C. y en otras especies en el II, como almortas o lentejas además de las anteriores.

Las fuentes clásicas y etnográficas coinciden cuando definen la trilla de las leguminosas como más sencilla que la de los cereales, ya que la rotura de las vainas y la separación de las semillas no es compleja, por este motivo consideramos que en nuestro marco de estudio la trilla no limitaría la producción de leguminosas, como si ocurre con la cosecha.

El calendario de la trilla cambia en cada región según el clima (Halstead 2014), en las regiones del Mediterráneo más húmedas en otoño o con climas más fríos solía coincidir con malas condiciones, por lo que se podía realizar en el interior de almacenes u otras estructuras. Por último, esta actividad es menos urgente que la siega o la labranza, especialmente en las cosechas de pequeñas dimensiones, las cuales se pueden almacenar y trillar a lo largo de todo el año.



Figura 4.17: Trillado por pisado de ganado en una Era en Kolofana, Amorgos, Grecia. Fuente Halstead, 2014

El aventado de las leguminosas es otra actividad registrada en los datos etnográficos en las sociedades agrícolas tradicionales de la cuenca mediterránea. Como en otros procesos, en el registro arqueobotánico de leguminosas es muy difícil observar si una cosecha ha sido aventada, aunque la falta de restos de vainas, podría ser un indicio de que estas especies sí que se estén trillando, aventando y tamizando, siendo uno de los motivos por los cuales prácticamente no haya ningún resto de vaina o de otras partes de las plantas de leguminosas. En caso de aventarse estas especies, consideramos que su desarrollo sería similar al observado en la etnografía. En las cosechas de poco volumen, hecho que probablemente era habitual en las leguminosas, y que se suelen trillar a mano, también se

avientan sin aperos, dejando caer el grano. En ocasiones también se utilizan directamente las cribas o pequeños recipientes para lanzar una cantidad algo más grande e ir tamizando y aventando al mismo tiempo estas cosechas, técnica que podría utilizarse en la protohistoria. Incluso en cosechas muy pequeñas podría recogerse la paja y los restos de las vainas a mano, sin aventarse, como se ha documentado en Grecia (Halstead, 2014). Para cosechas de mayores tamaños se podrían estar utilizando horquillas o bieldos de hierro o madera de varias puntas (figura 4.18), como en los ejemplos etnográficos cambiando a una pala cuando el grano está ya más limpio. Sea como fuere, el aventado o la separación manual entre la paja y los restos de vaina de las leguminosas y las semilla es muy probable que se realizase; ya que tanto las fuentes clásicas como las etnográficas hablan del alto valor y aprecio de estas partes de las plantas como forraje, siendo en ocasiones incluso más caro que el propio grano (Muehlbauer et al., 1985).

La idoneidad de su acción es en fechas en las cuales haya viento suave, además de realizarse inmediatamente después de la trilla, evitando de esta forma que partes de la paja o las vainas se pierdan por los fuertes vientos o por exponerse demasiado tiempo en las eras.

En la sección 1.3.7.3 de este trabajo observamos como el tamizado y la limpieza son los últimos procesos por los cuales pasan las leguminosas antes de su almacenamiento. El registro arqueobotánico de estas especies no permite obtener información de este último proceso, ya que es prácticamente imposible de interpretar por la falta de restos de vainas y otras partes de las plantas de leguminosas. No obstante, de nuevo, es muy probable que se estuviese dando este proceso en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C. No encontrando los subproductos de leguminosas por la facilidad que tienen estas especies para la trilla y la separación de sus semillas sea lo que produce esta falta de restos. La etnografía registra el uso de varios tamizados, uno más grueso y otro más fino. El primero sería para separar bien las semillas de los otros restos de la planta y el segundo para eliminar las semillas de malas hierbas, hecho más fácil que en los cereales al tener la mayoría de las leguminosas un tamaño mayor. Este tipo de tamizados es muy probable que se diese en nuestro marco de estudio, siendo otro posible motivo de la escasez de restos de vainas y de plantas adventicias en estas especies.

La limpieza es otra actividad muy documentada en la etnografía, especialmente en las legumbres arrancadas para el consumo humano, ya que las piedras remanentes podían romper los dientes, suponiendo un grave riesgo para la salud. Sin embargo, cuando el grano obtenido tiene como finalidad alimentar al ganado no se realiza esta limpieza por el tiempo que se necesita en su desarrollo, importando menos el daño que pudiese ocasionar en los animales domésticos. Por los mismo motivos que en lo casos anteriores consideramos que también sería una practica que podría estar realizándose durante la protohistoria, sin embargo no tenemos documentación con la que confirmar este hecho.



Figura 4.18: Aventado de alubias en el País Vasco. Fuente Atlas Etnográfico de Vasconia

4.2.7 Distribución del trabajo

La etnografía también ha analizado cómo se distribuye estos trabajos anteriores entre las diferentes personas de una familia o poblado. Normalmente todo el tipo de trabajo que implique la utilización de animales de tiro, suele ser conducidos por los hombres; así como todo el manejo de los equipos especializados, como la siembra, la trilla y el aventado con herramientas más grandes. Las mujeres se encargan tradicionalmente de los procesos que se pueden realizar a mano, como la cosecha manual, el deshierbe y la limpieza del grano, junto con el uso de los aperos menos complicados, como las cribas y las hoces. De este modo, las técnicas de la agricultura de semillas solían repartirse aproximadamente a partes iguales entre ambos sexos (Rassam & Tully, 1986). En Grecia

se ha observado que mientras dos hombres aventaban el grano, hasta cinco personas más podían trabajar en la era realizando otras actividades, normalmente realizadas por mujeres y niños, que se ocupan del tamizado grueso y de ir rastrillando los restos de paja y plantas. Esto permite acelerar el procesamiento, ya que por cuestiones de espacio sólo una o dos personas a la vez pueden aventar convenientemente una pila de grano, ganando tiempo si varias más pueden ayudar a barrer, rastrillar y tamizar al mismo momento (Halstead 2014).

4.2.8 Almacenamiento

El uso de sistemas de conservación y almacenamiento de productos vegetales ha sido considerado por la arqueología como una práctica preadaptativa importante, incluso necesaria e inherente a la adopción de la agricultura. Así, pues, hay que tener en cuenta que el almacenamiento de alimentos no es una técnica solo restringida a las comunidades agricultoras (Prats, 2022). Ya en las sociedades cazadoras-recolectoras aparece a pequeña escala, en contextos anteriores a la domesticación. En el Valle de Jordania se han documentado verdaderas estructuras complejas probablemente asociadas al cultivo deliberado de cereales silvestres (Kuijt & Finlayson, 2009). Son graneros que se localizan entre estructuras residenciales y que contienen instalaciones para el procesamiento de las plantas.

Ya en las sociedades agrícolas del Mediterráneo Occidental se han observado diferentes sistemas de almacenamiento tanto a nivel etnográfico como arqueológico. En esta sección se presenta una comparación entre estas estructuras además de considerar supuestos modelos de almacenaje de leguminosas con los datos existentes.

Antes de describir estas estructuras es interesante recoger la información sobre tratamientos tradicionales aplicados a las semillas de leguminosas antes de almacenarse para prevenir plagas de insectos y otros problemas posteriores. En Grecia, en Tharounia, Halstead observó cómo las lentejas y otras legumbres se rociaban con aceite de oliva, y con aceite y vinagre en la isla de Kithira, Grecia. En las fuentes clásicas, Columela describe que, para prevenir el gorgojo en las lentejas, una vez trilladas se recomienda eliminar las que flotan en el agua, el resto se seca al sol y se rocían con vinagre mezclado con raíz de silfio molida, lavándolas posteriormente con agua y dejando que se sequen de nuevo al sol, guardándose en un granero o en tinajas, en las cuales si se llenan hasta arriba y se tapan con yeso se conservarán en su totalidad. Otra posibilidad es guardarlas mezcladas con cenizas (Rus. 2.10).

Esta sección ha sido parcialmente publicada durante el desarrollo de esta investigación predoctoral, añadiendo en esta ocasión algunos datos adicionales (Tarongi et al., 2021). Para realizar la comparativa entre las estructuras arqueológicas y las etnográficas se han

establecido cinco categorías o tipos de almacenaje, independientemente de si la atmósfera del sistema de cultivo está controlada o no: (1) silos, (2) almacenes elevados, (3) graneros compartimentados en trojes, (4) contenedores de materiales perecederos y (5) recipientes cerámicos, manteniendo la estructura de la publicación citada anteriormente. De todas maneras, probablemente muchas formas de almacenamiento se nos pasen por alto al realizarse en materiales perecederos o incluso al aire libre (François Sigaut, 1979; Alonso, 1999).

Entre las categorías registradas no se han incluido las zonas de almacenamiento en viviendas ni las habitaciones interpretadas como almacenes (Jones et al., 1986). El motivo principal es que en estos recintos no se almacenan las semillas directamente, sino que se guardan en recipientes. Por lo tanto, se consideraría un almacén de tipo secundario/indirecto, teniéndose en cuenta para nuestro objetivo los recipientes en que se conservan.

4.2.8.1 Silos

Existe un consenso en considerar los silos (figura 4.19) como contenedores destinados al almacenaje de productos vegetales, sobretodo de cereales y, también, de leguminosas (Alonso, 1999; Pascual, 2015; Prats, 2017, 2022; Prats et al., 2020; Reynolds, 1988; Sigaut, 1978). Las primeras evidencias del uso del silo como técnica de almacenaje en el Este de la Península Ibérica datan del Neolítico (Pérez-Jordà 2013; Prats 2017, 2020, 2022). Durante nuestro marco cronológico encontramos silos en una gran cantidad de yacimientos. Sin embargo, no hemos podido encontrar ningún paralelo etnográfico en el que se almacenen leguminosas en estas estructuras. No obstante, el buen estado de conservación de las leguminosas encontradas en dos estructuras subterráneas en Ahihub, ha llevado a sus investigadores a creer que podrían encontrarse in situ (Caracuta et al., 2017). Otro ejemplo se encontró en la aldea de Yiftah'el, donde se han identificado unas 2.600 semillas de habas en el fondo de un silo situado dentro de una estructura residencial (Garfinkel et al., 1987) interpretándose como restos in situ al estar sellado con los escombros de la estructura.



Figura 4.19 Ejemplo de la boca de un silo, una sección y una planta. Fuente: Alonso et al., 2017

5.3.8.2 Almacenes elevados

Este tipo de estructuras de almacenamiento (figura 4.20) aparecen a partir del siglo VII a.C. en el norte del País Valenciano y el sur de Cataluña. Son estructuras construidas en altura sobre muros paralelos de piedras, cuya funcionalidad es la de almacenar recursos vegetales, probablemente grano (García & Munilla, 2000) a granel o en sacos (Pérez Jordà 2013). La mayoría de almacenes elevados presentan un edificio anexo que posiblemente se dedique a la transformación de los productos almacenados. No son muy comunes en el área de estudio, ya que prácticamente solo los encontramos en la segunda mitad del I milenio a.C., en el área señalada. Sin embargo, investigaciones recientes han identificado un almacén de estas características en el sur de Francia, en la Monédière, datado en el siglo V a.C. (Pinaud-Querrac'h, 2021), abriendo la posibilidad de que este tipo de estructuras se encontrasen por gran parte del Mediterráneo Occidental. Curiosamente en la zona nuclear de estas estructuras, son los únicos sistemas de almacenamiento de grandes volúmenes identificados durante el I milenio a.C., ya que en el País Valenciano los silos prácticamente desaparecen desde finales del III milenio a.C. (Alonso & Pérez-Jordà, 2019; Pérez-Jordà, 2013).

No existen paralelos etnográficos de este tipo de almacenes, pero sí que existen estructuras similares, de menor tamaño y más simples, construidas tanto en piedra como en materiales perecederos. Al no saber si estos almacenes tenían sistemas de ventilación o estaban cerrados hemos decidido compararlos con paralelos que tengan ambas características.

Con una atmósfera ventilada encontramos los hórreos del norte de la Península Ibérica, contruidos en piedra, madera o mixtos y con numerosas oberturas en los laterales para permitir el paso del aire. Estas estructuras están pensadas para el almacenamiento del maíz y se popularizan a partir del siglo XVI d.C. (Gonzalez Perez, 1992). En el sur de África existen unas estructuras elevadas contruidas con maderas, cañas y bambú, creando un entrelazado que deja pasar el aire. Cómo en el caso anterior se almacenan granos en mazorca o espiguilla (Taruvinga et al., 2014).

Por otro lado, los *heri* de Marruecos son estructuras elevadas con paredes contruidas en adobe, por lo que no hay control sobre el aire interior, la base es de madera y se construyen agrupados en zonas concretas (Peña-Chocarro et al., 2015). F. Sigaut (1988) describe estructuras de almacenamiento elevadas sin control sobre la atmosfera del contenedor en diferentes regiones del Viejo Mundo. Los *Byke* de Irlanda y Escocia son estructuras contruidas con paja de forma no permanente sobre una plataforma para aislarlo del suelo. Otras estructuras similares son los *Puri* de Andhra Pradessh en la India, donde se almacena grano de cereal sin chaff (Sigaut, 1988). En este aspecto se ha identificado un único almacén sobre-elevado contruido sobre postes de madera en la Monédière, descrito como probablemente similar a los encontrados en la Galia céltica durante la segunda Edad del Hierro (Pinaud-Querrac'h, 2021).

Como muchas veces sucede en los estudios etnográficos, no se especifica si el grano que se deposita es solo de cereales o si también se utilizan estos graneros para las leguminosas. Sí que existen evidencias de almacenamiento de leguminosas, además de cereales, en los bancos de Malawi, Mozambique y Tanzania, contruidos con barro mezclado con paja picada o ramitas y elevados sobre postes de madera (Taruvinga et al., 2014).

En los ejemplos etnográficos se almacena el grano directamente sobre los graneros elevados. Al no tener paralelos exactos, no sabemos si en estas estructuras se depositaba directamente o si se almacenaría primero en sacos, cestas o recipientes cerámicos y posteriormente se colocaría en los almacenes.

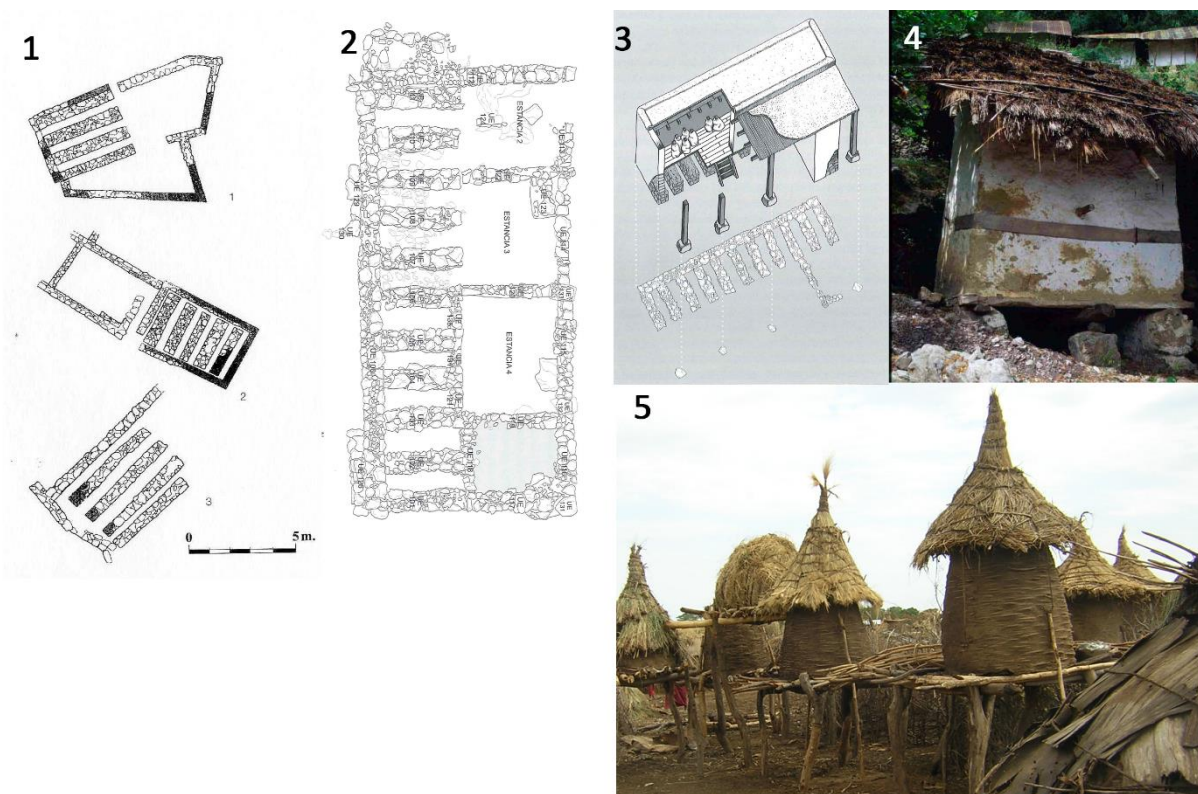


Figura 4.20: Imágenes de graneros elevados. 1: plano de los graneros del yacimiento de La Moleta de Remei (Gracia et al., 2000, figura 3). 2: planta del hórreo elevado de la Illeta dels Banyets (Olcina et al., 2009, figura 219). 3: Reconstrucción del granero de la imagen 2 (Olcina et al., 2009, figura 223). 4: Heri etnográfico de Marruecos (Peña- Chocarro et al., 2015, figura 6). 5: Imágenes de graneros elevados etnológicos del Valle del Omo, Etiopía (Foto: G. Pérez-Jordà). Imagen publicada en (Tarongi et al. 2020)

4.2.8.3 Trojes

Desde comienzos del II milenio a.C. se han documentado estructuras con pequeñas paredes interiores construidas en adobe, piedra o barro identificadas como trojes (figura 4.21). Este tipo de estructuras destacan especialmente en el País Valenciano, región en la cual, como ya hemos comentado, no se conocen silos en estas cronologías (Pérez Jordà, 2013).

Sin embargo, en ninguna de estas estructuras se han encontrado restos de leguminosas in situ dentro los trojes. No obstante, existen diferentes yacimientos arqueológicos fuera del marco de estudio donde sí se han identificado leguminosas en contexto primario. Un claro ejemplo lo encontramos en el *bin* 2004 del *building* 52 de Çatalhöyük durante el Neolítico Tardío de esta región (6250-5850 a.C.), aquí se identificaron guisantes junto a semillas de mostaza, cereales y otras especies silvestres (Bogaard et al., 2009). En el *building* 1, en los trojes situados en las habitaciones adyacentes a la principal se encontraron lentejas,

bellotas y semillas de mostaza. Algunos de estos trojes tenían aberturas permanentes que podían taparse, mientras que otros se sellaban con arcilla. Etnológicamente se han documentado graneros estructurados en trojes en Irán (Kramer, 1982) y Anatolia (Bogaard et al., 2009) en ambos casos se almacenan cereales, leguminosas y a veces forraje. En ocasiones, el grano se guarda en recipientes perecederos o cerámico y estos a su vez se colocan directamente en los trojes.

Existen trojes construidos en material perecedero, como en el *batiment* B852 de la primera Edad del Hierro de Blig-Glis, donde se identificaron una serie de agujeros de poste dentro de una habitación con numerosas semillas carbonizadas. La dispersión de los restos arqueobotánicos permitió interpretar la estructura como un granero compartimentado, ya que cada especie se encontraba en un área de la habitación (Curdy et al., 1993). Ya en la edad Media, en el siglo XIII d.C., en l'Esquerda se excavó un granero compartimentado con material perecedero; igual que en el caso anterior se encontró una serie de agujeros de poste con bastantes restos de semillas carbonizadas, entre las cuales aparecieron yeros, vezas, lentejas, vicias y un garbanzo (Cubero et al., 2008).

Las semillas identificadas junto a lentejas en Çatalhöyük, son muy interesantes, ya que es una especie que se suele utilizar para prevenir plagas de insectos, pudiendo ser este el motivo de su asociación con lentejas en un mismo troje. Otra posibilidad es a combinación de semillas grandes y pequeñas para cubrir todo el espacio y evitar de esta forma la proliferación de insectos en el espacio vacío. Ambas técnicas se han observado entográficamente (Chandola et al., 2011; Reddy, 2006)

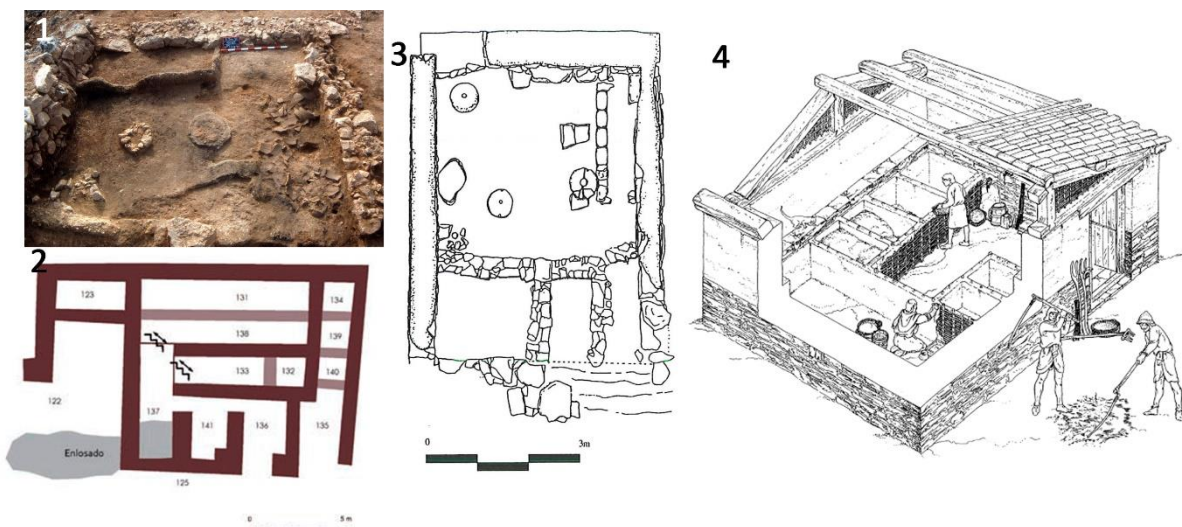


Figura 4.21 Imágenes de trojes. 1: Fotografía del troje del yacimiento del Alt de Benimaquia (Gómez y Guérin, 1995, foto III). 2: plano del granero con trojes (unidades 134, 139, 140 y 135) de La Bastida de les Alcusses (Bonet y Vives-Ferrándiz, 2011, figura 32). 3: plano del granero con tres células en Castellet de Bernabé (Pérez, 2000, figura 4). 4: reconstrucción de F. Riat del granero medieval con cubos de L'Esquerda (Cubero et al., 2008, figura 7). Imagen publicada en (Tarongi et al. 2020)

4.2.8.4 Contenedores perecederos

No tenemos pruebas arqueológicas directas sobre el almacenamiento de leguminosas en contenedores perecederos. Sin embargo, la presencia de grandes concentraciones de leguminosas en niveles de uso como en el Cerro de la Cruz (Arnanz, 2000), Las Eras del Alcázar (Montes Moya, 2014), Peñalosa (Arnanz, 1991), Lattara, la Monédière (Pinaud-Querrac'h, 2021), Portal Vielh (Bouby, 2000), Llo (Ruas & Bouby, 2009) y Baume Layrou (Bouby et al., 1999) indican que no se carbonizaron accidentalmente durante su cocinado. Probablemente esta carbonización se produjo al quemarse las habitaciones donde se encontraban recipientes perecederos con estas semillas. Las concentraciones en derrumbes, como en Las Eras del Alcázar (Montes Moya, 2014) o Sant Jaume (López et al., 2011), se interpretan como sacos o canastas colocados sobre las paredes o en un altillo en un piso superior.

La etnografía nos muestra la utilización de diversos recipientes como sacos, cestas y otros objetos elaborados en fibras vegetales, barro o estiércol (figura 4.22). En el Rif se elaboran grandes recipientes de cañas, esparto u hojas de palmito trenzadas denominados *sullas*, con una capacidad de 150-300 kg de grano, utilizado principalmente para cereales (Peña-Chocarro et al., 2013, 2015). Los mismos autores documentan en la zona otro tipo de recipiente, las *tonna*, de forma cilíndrica con un agujero en la parte inferior para extraer el grano. Se elaboran con barro y estiércol y tienen una capacidad menor que las *sullas*, en torno a 50-200 kg. Son utilizadas para almacenar producciones menores como las leguminosas.

En Jabal al-Arab (Jordania) utilizan los *kuwara*; recipientes de arcilla y paja de un metro de altura y forma cuadrangular (Arnanz-Otaegui et al., 2017). También presentan un agujero en la parte inferior para extraer el contenido almacenado. Se utilizan para almacenar cereales y legumbres en grano. Una estructura más moderna es el *Hazel*, el cual se construye de forma circular, creando una base con piedras que continúa construyéndose con barro y paja en la parte superior. También tiene un pequeño orificio en la parte inferior para poder extraer el contenido almacenado. Su volumen varía dependiendo del contenido, por ejemplo, las estructuras que contienen cereales tienen un volumen en torno a 3 m³, sin embargo, si son leguminosas no sobrepasan el metro cúbico. Si el almacenamiento es superior a un año estos recipientes se colocan en las habitaciones destinadas a almacenes, pero si se trata de periodos inferiores a un año se dejan en el exterior de las viviendas.

Otra forma muy común de almacenamiento es en sacos de tejido vegetal. Tanto en la India (Reddy 2006), como en África (Taruvunga et al., 2014) utilizan sacos de yute para almacenar cereales y leguminosas en grano. En los estudios anteriores de Marruecos y Siria también se utilizan sacos para almacenar el grano, aunque no se especifica el material con el que fueron tejidos. Cestas, canastas y otros recipientes han sido identificados para el almacenamiento, aunque a corto plazo, utilizándose para depositar el grano antes de prepararlo para su consumo. En Grecia muchos hogares guardaban los

cereales básicos en grandes arcones, cubos o cestas, cada uno de los cuales contenía entre 500-1000 o incluso 2000 l, destinados todos ellos a los cereales, mientras que las legumbres al ser menos numerosas se guardaban en sacos o jarras, con alguna excepción que se guardaban en arcones si la cosecha era más grande (Halstead, 2014).



Figura 4.22 Imágenes de contenedores etnográficos perecederos y su forma de almacenamiento. 1 y 2: Sulla y Tonna de Marruecos (Peña-Chocarro et al., 2015, figura 4). 3: ejemplo de almacenamiento de sacos en el interior de una vivienda de El Baten (Túnez) (Alonso et al., 2017, figura 6). 4: semillas de legumbres almacenadas en un saco de arpillera en la India (Reddy, 2006, figura 3). 5: reconstrucción de una vivienda del Cerro de la Cruz (Córdoba) (<https://www.elturistatranquil.com/poblado-ibero-de-el-cerro-de-la-cruz/>). Imagen publicada en (Tarongi et al. 2020)

4.2.8.5 Recipientes cerámicos

Es el único sistema de almacenamiento de leguminosas del cual se han encontrado evidencias documentadas “in situ” en el Mediterráneo Occidental. En concreto, en el yacimiento de Las Eras del Alcázar se han identificado varios recipientes cerámicos con semillas, pero únicamente en uno de ellos, datado entre el 2200 y el 2000 a.C., hay un número suficiente de restos que permite considerar que podrían estar almacenados en él (Montes Moya, 2014). Se han identificado 48 semillas de cebada desnuda (*Hordeum*

vulgare nudum), 49 de trigo desnudo (*Triticum aestivum/durum*) más dos de la variedad compacta (*Triticum aestivum/durum compactum*), 7 de farro (*Triticum dicocum*), 192 de escaña (*Triticum monoccocum*), 41 guisantes, 15 habas y 138 restos de leguminosas identificadas como *Vicia/Pisum* (Montes-Moya, 2014). En la Monédière también se ha identificado una concentración de yeros almacenada en un ánfora, aunque estaba rota y el material disperso al alrededor de este recipiente (Pinaud-Querrac'h, 2021).

A lo largo del Mediterráneo encontramos numerosos ejemplos arqueológicos de leguminosas almacenadas en recipientes cerámicos. En el Levante durante la Edad de Bronce y Hierro hay numerosos ejemplos, como en Tel Nami (M. E. Kislev et al., 2014), Tel Batash (Kislev et al., 2018) o Tel Miqne (Mahler-Slasky & Kislev, 2010) entre otros. En el Egeo también existen diversos ejemplos como en Akrotiri (Sarpaki, 2001) y Knossos (Jones, 1984).

Por otro lado, un estudio ya mencionado sobre la conservación de leguminosas en la India (Reddy, 2006), muestra el almacenamiento en tinajas de cerámica y cómo posteriormente se tapan con arena y estiércol para mejorar su conservación.

4.2.8.6 Almacenaje de leguminosas en el mediterráneo occidental durante el II y I milenio a.C.

A partir de los datos presentados, podemos considerar diversos modelos posibles de almacenamiento de leguminosas en el Mediterráneo Occidental durante el II y el I milenio a.C., en base a los yacimientos que presentan tanto estructuras de almacenamiento como restos arqueobotánicos de leguminosas.

En cuanto a los silos, un total de quince yacimientos con restos de leguminosas y silos, pero sin asociación directa entre ellos. En algún caso, como Font de la Canya (López, 2004), aparecen cantidades importantes de leguminosas dentro de silos, pero se depositaron cuando estas estructuras se utilizaron como basurero. Más allá del área de estudio, como ya hemos dicho, únicamente en Ahihub y en Yiftah'el, se han interpretado restos de leguminosas en silos que podrían estar in situ (Caracuta et al., 2017; Garfinkel et al., 1987).

En la bibliografía etnográfica tampoco se encuentran paralelos sobre la utilización de los silos para almacenar leguminosas. De hecho, en el trabajo etnográfico realizado en Túnez sobre la población Ouarten, aun utilizando silos para almacenar cereales, estas estructuras no son usadas para almacenar leguminosas (Alonso et al., 2017). Por lo tanto, la falta de evidencias directas, de paralelos etnográficos y su menor producción comparada con la de los cereales, puede estar evidenciando la no utilización de los silos para esta familia botánica. Asimismo, el hecho de que los silos sean un sistema de almacenaje a largo plazo y para conservar grandes cantidades de vegetales, no favorece su utilización para las leguminosas. La producción de estas especies parece estar destinada a una escala doméstica, no utilizándose para grandes intercambios, según la bibliografía etnográfica

(Halstead, 2014). Por lo tanto, probablemente se almacenen en otros tipos de estructuras de volúmenes más pequeños, como veremos a continuación.

La tafonomía de las semillas de leguminosas cultivadas podría indicar que los individuos localizados en silos se han depositado de forma secundaria, ya que los Índices de Conservación son ligeramente inferiores a los obtenidos en niveles de uso. Por lo tanto, la presencia de estas especies en estas estructuras no puede considerarse una evidencia de su almacenamiento en ella, ya que su depósito probablemente se deba a su reutilización posterior como basurero.

En el Mediterráneo Occidental únicamente hay tres yacimientos (La Illeta dels Banyets, La Moleta de Remei y La Monédière) donde hay evidencias de almacenes elevados y leguminosas. Por desgracia estos restos no se encuentran en las estructuras de almacenamiento, no existiendo una relación arqueológica entre los almacenes y las leguminosas, por lo que no hay evidencias directas de su almacenaje. En otros yacimientos aparecen este tipo de estructuras, pero sin restos de leguminosas, como Torres de Foios (Bonet et al., 1994) o el Monastil (Poveda, 1995), entre otros.

Etnográficamente no existen paralelos de estas estructuras, únicamente algunas similares. De los ejemplos descritos anteriormente, solo en los bancos se han evidenciado el almacenamiento directo de leguminosas. En el resto de estudios no se menciona su uso para esta familia, pero tampoco podemos descartarlo, ya que se vinculan al almacenamiento de grano, pero no se describe si dentro de este grano se encuentran las leguminosas. El uso de los graneros elevados para el almacenamiento de leguminosas en el marco geo-cronológico podría depender de si estos estaban ventilados como los hórreos o si no, como los byke. En el primer tipo de estructura se almacenan cereales con mazorca o espiguilla, por lo cual no es probable que se almacenasen leguminosas en grano. Si no estuviesen ventilados y el almacenamiento se realizase a granel, su utilización para leguminosas dependería del tamaño del granero, ya que los datos etnográficos no relacionan grandes estructuras de almacenamiento con las leguminosas, por lo que solamente los más pequeños se utilizarían para esta familia. Si el almacenamiento se produjese en sacos u otros recipientes percederos probablemente sí que se utilizarían para almacenar leguminosas, independientemente del tamaño del granero.

De nuevo no existen evidencias directas de almacenamiento de leguminosas en trojes en el área de estudio. Sólo aparecen leguminosas en cinco yacimientos con este tipo de almacenes, pero en ningún caso se encuentran *in situ*. Por el contrario, como ya se ha indicado, más allá del marco geo-cronológico tratado existen ejemplos arqueológicos en Çatalhöyük (Bogaard et al., 2009), La Esquerda (Cubero et al., 2008) y Blig-Glis (Curdy et al., 1993). Por otro lado, la etnografía nos muestra como estas estructuras se utilizan para almacenar tanto cereales como leguminosas en grano (Kramer 1982). Por consiguiente, los trojes probablemente sí se utilizaron para almacenar leguminosas, ya que al compartimentarse son estructuras más pequeñas que los casos anteriores, se adaptarían a otras especies con producciones menores, como las leguminosas. Cabe la posibilidad de que los graneros elevados estuviesen compartimentados en su interior con

estructuras perecederas, por lo que en ese caso también podrían haberse utilizado para almacenar leguminosas.

Los recipientes más utilizados probablemente fueron los realizados en materiales perecederos. En todos los paralelos etnográficos aparecen diferentes estructuras de estos materiales en las cuales se almacenan leguminosas, tanto en grano como plantas secas para forraje (Kramer, 1984; Peña-Chocarro et al., 2013, 2015; Taruvinga et al., 2014; Arranz et al., 2017). Curiosamente en los datos etnográficos que hacen referencia a recipientes perecederos también se utilizan los de mayor capacidad para cereales y los de menor para leguminosas. En el Mediterráneo Occidental no se han documentado restos de tejidos o cestería vinculados a leguminosas, pero sí concentraciones de esta familia que se han interpretado como semillas contenidas en alguna estructura perecedera.

En el Cerro del Alcázar se ha identificado una concentración de semillas en el nivel de uso de una estructura habitacional, de las cuales en torno a un 60% corresponden a diferentes leguminosas (habas, guisantes y almortas) (Montes Moya, 2011, 2014). En las Eras del Alcázar existen dos concentraciones en niveles de uso de estructuras habitacionales de las cuales en torno al 99% se corresponden a habas, 3 con un porcentaje de leguminosas en torno al 75% (habas y guisantes), 1 con un 50% de habas y el otro 50% de trigo desnudo (*Triticum aestivum/durum*) y tres muestras con un porcentaje de leguminosas inferior al 10%. En niveles de derrumbe se identificaron dos muestras con un 60% y 85% de habas, respectivamente, y una con menos de un 10% de leguminosas (Montes Moya, 2011, 2014). Los restos en niveles de uso de habitaciones se han interpretado como semillas almacenadas en recipientes perecederos situados en el suelo, mientras que las concentraciones de derrumbes podrían ser de recipientes perecederos colocados en las paredes o de altillos superiores. Como se aprecia en los porcentajes señalados existen muestras de prácticamente una especie, otras mezcladas con cereales a partes más o menos iguales y por último muestras donde las leguminosas aparecen residualmente. El primer caso correspondería a recipientes donde se almacena una especie. El segundo, al encontrar especies dedicadas al consumo humano como trigo desnudo y habas, puede que se trate de recipientes almacenados juntos que al desaparecer se haya mezclado su contenido. El último caso tiene especial interés ya que son muestras con un alto porcentaje de cereales y con pocas leguminosas o a la inversa, las cuales se han interpretado como una evidencia de rotación de cultivos (Mahler-Slasky & Kislev, 2010).

En Sant Jaume de Mas d'en Serra aparecen dos muestras halladas en derrumbes con bastantes individuos de leguminosas. En la primera prácticamente la totalidad de las especies identificadas corresponden a esta familia, destacando las almortas. En la segunda, en torno a un 65% son cereales, destacando el farro sobre el resto, mientras que un 35% son leguminosas, con las almortas como especie principal. Esta mezcla, por su composición y situación en un derrumbe de un posible establo, ha sido interpretada como una mezcla de cereales y leguminosas para alimentar al ganado (López et al. 2011). Etnográficamente existen paralelos, como la comuña, un cultivo mixto de cereales vestidos y leguminosas, entre las que destacan las almortas de monte o titarros (*Lathyrus*

cicera), utilizado para la alimentación de ganado en zonas montañosas del norte peninsular (Franco Jubete, 1991).

En el sur de Francia se han documentado varios casos de posibles leguminosas conservadas en materiales perecederos que se han destruido en diferentes procesos de incendios. Son muy evidentes las muestras de guisantes de Llo (Ruas et al., 2009), las leguminosas de la zona 54 de Lattara, y especialmente las muestras de La Monédière, en las cuales dos pertenecen a una gran concentración de almortas y yeros que probablemente fuese un recipiente perecedero quemado y otra dentro de una vasija, en la cual había principalmente yeros (Pinaud-Querrac'h, 2015)

Existen más ejemplos de posibles leguminosas almacenadas en recipientes perecederos a nivel de suelo. Destacan Peñalosa, con una muestra únicamente de guisantes (Arnanz, 1991), La Bastida de les Alcusses (Pérez Jordà, 2013), con una concentración de vezas, y el Cerro de la Cruz (Arnanz, 2000) con miles de yeros y cientos de vezas en relación con un molino. Este último ejemplo se interpretó como la elaboración de harina para alimentar al ganado.

Por último, a pesar de que únicamente tenemos dos ejemplos de leguminosas conservadas en recipientes cerámicos, la etnografía y los paralelos arqueológicos nos hacen pensar que junto al ejemplo anterior sería una forma muy común de almacenar estas especies. El caso de las Eras del Alcázar podría corresponder a otro ejemplo de comuña, con un recipiente donde se conservaban las semillas para la posterior siembra.

En algunas ocasiones, se podrían estar almacenando varias especies de leguminosas conjuntamente para facilitar su conservación. La etnografía (Reddy, 2006) muestra cómo un tratamiento para prevenir las posibles plagas de insectos es mezclar leguminosas con semillas grandes con otras más pequeñas, sean o no de la misma familia. En la Monédière, se han identificado varias muestras en contextos de almacenamiento en las cuales un cultivo mayoritario de almortas aparece en conjunto con yeros en menor medida, este hecho puede deberse a este tipo de práctica de almacenamiento.

A pesar de los pocos datos *in situ* sobre el almacenamiento de leguminosas en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., se han establecido posibles modelos comparando los restos arqueobotánicos y las estructuras arqueológicas identificadas como de almacenaje con paralelos etnográficos y arqueológicos de otras regiones. La etnografía permite documentar un mayor peso de las leguminosas en la agricultura que la que se observa en el registro arqueológico, aun así, estas plantas siempre tienen un papel secundario si se compara con el de los cereales. Así, las leguminosas se producen en menor cantidad y, por tanto, no se necesitan grandes estructuras para almacenarlas, un ejemplo muy claro es el citado en Grecia sobre cómo se almacenan claramente las leguminosas en recipientes más pequeños. Como refleja la etnografía las grandes estructuras como silos, almacenes elevados de gran tamaño o recipientes perecederos de gran volumen, están básicamente reservadas para los cereales, mientras que para las leguminosas se utilizan estructuras algo menores. Respecto a los

graneros elevados al no haber paralelos exactos y desconocer la forma en que se almacenaría en su interior, no se puede asegurar su utilización para esta familia de plantas.

En conclusión, las estructuras más utilizadas para el almacenamiento de las leguminosas parecen ser los recipientes fabricados en materiales perecederos, los recipientes cerámicos y los trojes, tanto por la información etnográfica como por los datos arqueológicos de que se dispone.

4.2.9 ¿Qué nos dicen los gorgojos?

Con la cuantificación realizada sobre las marcas de entomofauna en semillas de leguminosas arqueológicas, se pueden observar dos tendencias bastante claras en todos los taxones estudiados. En la primera, parece bastante evidente una mayor presencia de leguminosas afectadas por estas plagas en los contextos de rellenos/basureros, por lo que podríamos estar ante una intencionalidad en desechar estas semillas al ser conscientes los habitantes de estos yacimientos de este hecho. Esta tendencia podría secundar la idea ya establecida anteriormente sobre la posible consciencia por parte de las poblaciones agrícolas de estas plagas desde el Neolítico (Antolín & Schäfer, 2020). Por otro lado, las muestras procedentes de recipientes cerámicos de Eras del Alcázar (Montes Moya, 2014) y la Monédière (Pinaud-Querrac'h, 2021), no tienen ninguna afectación, mientras que las procedentes de los derrumbes, interpretadas como posibles almacenamientos, tienen muy pocos individuos afectados, por lo que estos datos podrían ser una evidencia del conocimiento de estas plagas y su intervención al desecharlas.

La otra tendencia observada en este estudio es la gran diferencia entre la afectación por plagas entre el primer periodo (2200-1300 a.C.) y el tercero y cuarto (500-200 a.C.); mientras que los pocos datos del segundo (1300-750 a.C.) parecen indicar una posición intermedia. A pesar de que estas diferencias también se observan a nivel regional, al comparar ambos datos la casualidad de esta diferencia se deba probablemente a la cronología, aunque sería interesante poder reestudiar materiales de la edad del Hierro de Andalucía para poder confirmar esta hipótesis.

Todos los datos parecen indicar un aumento de las plagas de insectos a partir del Bronce Final que irá aumentando a lo largo de la Edad del Hierro, especialmente en su segunda fase. Este hecho puede ser muy revelador, ya que al no haberse realizado ningún estudio previo de síntesis sobre este aspecto en el Mediterráneo Occidental hace que sea una información desconocida hasta la fecha. Estas plagas parecen existir desde el comienzo de la agricultura en esta área, con habas agujereadas ya en el Neolítico Medio en Can Sadurní, sin embargo, como en nuestro primer periodo, parece haber pocas evidencias de este tipo (Antolín & Schäfer, 2020). Sería interesante profundizar en este tipo de estudios, observando si existe algún proceso semejante en los cereales, aunque las especies de insectos que los atacan sean diferentes.

Por lo tanto, parece confirmarse una mayor presencia de este tipo de plagas en leguminosas durante la Edad del Hierro que podría deberse a la aparición de nuevas especies de insectos introducidas en nuestro marco de estudio. Con las nuevas rutas de intercambio que suceden en el Mediterráneo Occidental a comienzos del I milenio a.C., además de nuevos cultivos o innovaciones tecnológicas y comercio, podría haber llegado nuevas especies de insectos que atacasen a las leguminosas, sin embargo, este tipo de hipótesis es muy difícil de comprobar. Por ahora el estudio realizado no permite relacionar las marcas de cada semilla con una especie concreta, por lo que no podemos saber si existe una mayor proliferación de las especies ya existentes anteriormente o si se produce una introducción de nuevos gorgojos a partir de un momento cronológico determinado; por todo ello la idea anterior es solo una hipótesis de trabajo.

El comienzo del aumento de los porcentajes de semillas afectadas por gorgojos sucede durante el Bronce Final, momento anterior al aumento del cultivo de las leguminosas de secano, como almortas, vezas y yeros, las cuales son más resistentes a este tipo de plagas. Por lo tanto, este hecho también nos lleva a preguntarnos si el aumento de este tipo de cultivos durante la Edad del Hierro podría deberse a un modo de defensa contra este tipo de plagas, ya sea como cultivos trampa o para asegurarse el suministro de leguminosas en caso de una plaga. Sin embargo, consideramos que, aunque sea un factor que haya podido fomentar el aumento del cultivo de estas especies, no sería el único ni el principal, siendo un motivo adicional a los ya observados anteriormente.

4.2.9.1 Prevención de plagas

A través de la bibliografía agronómica y etnográfica se describen diferentes formas para prevenir este tipo de plagas de insectos, en el capítulo uno ya se ha detallado diferentes métodos para cada especie, pero en esta sección queremos detallar algunos particulares que podrían tener cierto reflejo en los restos arqueobotánicos.

A partir de la información de diversos estudios (Abate et al., 2000; Antolín & Schäfer, 2020; Chandola et al., 2011; Reddy, 2006; Tesfaye & Gautam, 2003; Zadoks, 2013) se ha realizado una tabla (tabla 4.2) modificando la realizada anteriormente por Antolín y Schäfer en 2020, en la cual se recogen este tipo de tratamientos, clasificándolos por si se realizan durante el cultivo, el trillado o el almacenamiento. En el primer tipo podrían identificarse a nivel arqueobotánico los cultivos trampa, pudiendo ser la mayor presencia de yeros y garbanzos a partir de la Segunda Edad del Hierro, un método preventivo al aumento de plagas por insectos en leguminosas que parece aumentar durante este periodo. Un caso en este estudio podrían ser las concentraciones de almortas de la Monédière en las cuales aparecen algunas semillas de yeros en menor presencia, siendo en torno a un 5-10% y que debido a su principal uso como alimento para el ganado se conserven conjuntamente.

Momento de aplicación	Tratamiento preventivo	Evidencias agronómicas	Evidencias etnográficas	Referencia
En el cultivo	Espolvorear con ceniza (ceniza de cocina, ceniza de madera, ceniza de estiércol)	X	X	Chandola et al. 2011
	Salpicar con estiércol de vaca u orina diluida en agua	X	X	Chandola et al. 2011; Tesfaye and Gautam 2003
	Fumigar	X		Tesfaye and Gautam 2003
	Cultivos trampa (yero, garbanzo)	X	X	Tesfaye and Gautam 2003
	Plantas protectoras/repelentes alrededor de las parcelas (garbanzo, zarza, orégano) o esparcir ceniza o aceite de oliva	X		Tesfaye and Gautam 2003
Durante/ Después el trillado	Secado al sol de la cosecha	X	X	Chandola et al. 2011; Tesfaye and Gautam 2003
	Enfriamiento durante la noche antes del almacenamiento	X		Chandola et al. 2011; Tesfaye and Gautam 2003
	Vertido de agua salada y secado	X		Chandola et al. 2011; Tesfaye and Gautam 2003
Antes del almacenamiento	Mezclar con cenizas		X	Chandola et al. 2011; Abate et al. 2000; Tesfaye and Gautam 2003
	Mezcla con semillas más pequeñas		X	Reddy, 2006
	Hojas de nogal, Vitex		X	Chandola et al. 2011
	Polvo de cúrcuma, polvo de hojas de Vitex		X	Chandola et al. 2011; Narayanasamy, 2006
	Untar con aceite de mostaza		X	Chandola et al. 2011; Abate et al. 2000; Tesfaye and Gautam 2003
	Hundir las semillas en agua para eliminar las semillas atacadas	X		Chandola et al. 2011; Abate et al. 2000; Tesfaye and Gautam 2003
	Salpicar con estiércol de vaca diluido en agua u orina		X	Abate et al. 2000; Tesfaye and Gautam 2003; Mehta et al. 2012

Tabla 4.2: Diferentes tratamientos preventivos citados en la bibliografía etnográfica y agronómica divididos por el momento del ciclo agroalimentario en el cual se aplican

Otra técnica que se podría identificarse a nivel arqueobotánico es la mezcla de legumbres con semillas más pequeñas para llenar los espacios vacíos e impedir el acceso de los gorgojos (Reddy, 2006), sin embargo, no se ha observado ninguna evidencia al respecto. Otro método disuasorio consiste en mezclar una pequeña cantidad de aceite de mostaza con otros productos (por ejemplo, hojas secas de nogal) y frotar la mezcla sobre la cáscara de la semilla (Chandola et al., 2011), hecho que tampoco se ha observado en nuestro marco de estudio, pero si que podría estar utilizándose en otras áreas y cronología, como en Catalhöyük (Bogaard et al., 2009).

Conclusions

The findings of this thesis highlight the role played by pulses in the agricultural systems of the Western Mediterranean throughout the 2nd and 1st millennia BC. These plants have relatively similar characteristics and evolution along the chronological axis studied in the four regions of the analysis (southeast peninsular, Valencia, northeast peninsular and Roussillon-Languedoc), although with characteristic nuances in each one of them.

The objectives set throughout this research can be summarised by four main points: 1) delve into the potential underrepresentation of pulses in the archaeobotanical record; 2) improve the taxonomic identification of seeds of this family through geometric morphometry; 3) observe the trends and evolution in the archaeological record of cultivated pulses throughout the 2nd and 1st millennium BC and offer explanations to their causes; and 4) reconstruct the potential agri-food processes of these cultivated species in the study framework.

The first finding garnered by this study is the possible under-representation of different pulse species, a fact already highlighted by researchers in various publications (Buxó, 1997; Sarpaki, 1992b) that actually relates to the archaeobotanical record (at least among the samples of current study). Classical sources and ethnography, in turn, point to the continuous presence of pulses in all societies based on producing cereals. This leads to the notion that despite the recovery of a modest number of cultivated pulse seeds among a relatively high number of archaeological sites of the study area, certain of these species were probably widely cultivated, processed and consumed. In fact, no ethnographic case study of agricultural settlements throughout the Mediterranean or Southeast Asia states that they were not cultivated. Although it is possible to speculate that past societies followed different agricultural patterns than today's traditional societies, the archaeological evidence tends to suggest great similarities between the two concerning agricultural work, especially since the Iron Age. This study has observed that cultivated pulses are both identified and missing from sites of the same chronology, region and cultural horizon, a fact suggesting that although not recovered, they formed part of agri-food cycles. The different data on cultivated pulses therefore suggest that pulses are underrepresented among the archaeological record for following different reasons:

- Differences in harvesting and consumption. Ethnography reveals that the pods and seeds of pulses were often consumed fresh, reducing the chance of identified charred examples linked to storage.
- Processing differences. Pulses are not roasted by fire as is usually the case of cereals (especially dressed cereals).

- Pulses are less resistant to charring. Experimentation reveals how these seeds are generally more vulnerable to high temperatures and suffer calcination before cereals.
- Pulses are less resistance to post-depositional phenomena. Methodological investigations reveal that certain pulses tend to disintegrate more easily than cereals during flotation and column sieving.

For these reasons we consider that these species may be somewhat under-represented and that they were probably present in all Western Mediterranean producer societies during the 2nd and 1st millennia BC, regardless of their quantity or importance, as shown by ethnography.

However, it must always be kept in mind that the data gathered in this study reveal that pulses are rarely cultivated to their maximum level of productivity. Despite their key role in agricultural cycles, in human and livestock nutrition, and in soil regeneration processes, pulses were never the main source of production and diet in any of the traditional societies observed by ethnographic studies. Cultivating these crops therefore appears to mainly stem from their tolerance of relatively adverse growing conditions (Butler, 1990). Many traditional agricultural systems prioritised cultivating cereals and their commitment to pulses was minimal evidenced by restricting them to marginal soils, and, in the case of many species, to areas with limited water, little or no tillage and devoid of fertilisers.

Other evidence observed in ethnography with regard to the lesser role of pulses in agricultural systems is that certain tasks linked to their care were relegated to less optimal moments, that is, when the duties linked to cereal crops were completed. An example is the moment chosen to sow certain types of pulses depending on the availability of labour and draught animals, this is prioritised over the suitability of sowing dates. The ethnography shows how the laboriousness of legume harvesting is a rather marked disadvantage in traditional societies, conditioning their lower production as the labour required is greater; this fact leads us to think whether this could be the reason why we have not observed any example of a traditional agricultural society in which legumes are the main crop.

Therefore, with the data collected, pulses were probably present in all the different societies of the Western Mediterranean during the 2nd and 1st millennium BC, although they always had a secondary role, dedicated to marginal farmland or in the case of broad beans and some peas to small irrigated crops. Non-irrigated species were used to feed livestock or in times of famine and years with more adverse weather conditions.

The second general objective of the different points explored in this thesis is the identification of archaeological pulse seeds. The archaeobotanical literature on fruits and seeds points out the difficulty of identifying between certain of their taxa as their sizes and shapes resemble each other. Moreover, the great intraspecific variability means that certain individuals of a species can be confused with those of another. Morpho-geometric

analyses of the contours of the seeds therefore offers a new means of arriving at their identification. Although their results are not necessarily always exact, the reclassifications are very promising, allowing identification of certain doubtful cases and proposing the type of other ambiguous individuals. However, the method applied in this thesis represents only a first step as the potential of this type of analysis can only progress further through an expansion of experimentation with charred modern seeds and by multiplying the number of clear archaeological individuals. Moreover, as the predictive models are limited to reference species, it would be of great interest to expand the existing data to new species that could have been cultivated in the study area. This type of analysis would certainly serve future research to discriminate between grass pea (*Lathyrus sativus*) and red pea (*Lathyrus cicera*). This type of analysis could likewise help determine if the seeds collected in 1st millennium BC contexts correspond to the red pea, which can be both cultivated or collected wild, or the grass peas which can only be cultivated. These analyses could also be applied to Neolithic and Bronze Age pulses such as bitter vetch or grass peas/red peas, taxa practically not represented in the entire region during these broad timeframes. These types of analyses yielding new criteria serving to identify these remains could help weigh in on the hypothesis of a potentially late, 1st millennium BC introduction of these rainfed pulses.

Geometric morphometry is effective in identifying intraspecific differences as it has served to distinguish samples of the same species very different from each other from the same site. As they resemble other samples this paves the way to the notion of a simultaneous cultivation of two varieties or the progressive replacement of one by another. This is the case of lentils at the site of Font de la Canya (Tarongi et al., 2021). However, this study has not resorted to the different current varieties to compare them with archaeological seeds. Thus it has not been possible to identify more than the differences between different seeds of the same species. At times, as in the case of broad beans, these differences appear to be more of regional and chronological character, so there is no preference towards one or another type since there is a certain homogeneity between the broad beans of the same site and even the same region in a given timeframe. Another compelling case is that of peas, which reveal a certain homogeneity throughout the study area except during the last period where their shapes and sizes differ significantly. This could indicate the change of a type of pea for another linked to different agronomic conditions or that they were better adapted to the later production conditions. Species with seeds such as the grass pea that are specific to a region and period tend only towards a slight reduction in size over time. This, however, is not clearly applicable to other species. In general, these results (devoid of modern comparisons) point to a very compelling intraspecific differentiation that could offer more complete information if compared with specific modern charred varieties which would lead to a new line of future research. However, it is also necessary to be realistic with the potential findings as it is practically impossible to determine varieties among species as heterogeneous as pulses. It is nonetheless possible to obtain data on the large groups of variables cited by agronomic descriptions of these species such as the case of lentils, peas, broad beans and

chickpeas. Yet for chickpeas this would have to be carried out in the chronological periods with larger numbers of individuals.

Continuing with morphometry, interesting comparisons can also be made by applying this analysis to seeds in which the isotopic composition is to be determined. Although only a small experiment was carried out in our study, as this was not the main objective of the research, the results can help to interpret whether the differences in size and shape are due to environmental or genetic factors. In the case of lentils from Font de la Canya, irrigation and size seem to have an influence, although this is not the only factor that seems to influence this relationship, as small seeds sometimes have higher carbon 13 values than large ones, and these differences are due to causes unrelated to irrigation or rainfall. More analyses of this type, in fact quite simple to execute, could serve to link the different shapes and sizes with different environmental factors. This technique could also offer useful data on current seeds intended for isotopic composition analyses as it can shed new light on influence of irrigation on the shapes and sizes of seeds of a same variety of a species.

The third main objective of this thesis is to delve into the regional and chronological changes in the quantity and number of references to cultivated pulses in the area of study. Regardless of whether pulse seeds are underrepresented for the different reasons explained above, there appear to be variations according to the timeframes in the four study regions. The fact of resorting to a vast data set renders it possible to assume that the reasons these species may appear less often than cereals are more or less equivalent in the total count in each chronological phase and in each geographical region. Moreover, carrying out these comparisons over a wide geographical and chronological range probably explains why it was possible to observe trends that could only be intuited in previous research, but could not be visualised as these species did not benefit from global comparisons.

One of the factors observed is how irrigated legumes predominate in the two earliest periods, with a high presence of broad beans and peas in all 4 regions, especially in the southeast of the Iberian Peninsula, although the greater importance of other legumes is a fact throughout the study area. Except for lentils, the other taxa practically do not appear in the geographical area during these first two periods, making it likely that the species that are native to the Western Mediterranean are not cultivated and are collected. Red pea are the only allochthonous species that could be cultivated, however, their identification is difficult and it must be taken into account that there is a possibility that these seeds are not being correctly identified. Therefore, we consider that it could be very interesting to apply geometric morphometry to all the individuals prior to the 1st millennium BC, in order to disprove or confirm this hypothesis. If this were the case, leguminous plants from these early chronological phases could be cultivated practically on irrigated land, as broad beans and peas are irrigated species, while lentils can also be cultivated in this way. Only broad beans and a little pea have been studied at isotopic level, indicating their probable irrigation values for the first period in the southeast of the Iberian Peninsula. Although these data are few and not general for the whole area, the fact that practically only these

species are identified and in the seeds analysed the carbon 13 indices are of species with an adequate water supply (Araus et al., 1997; Mora González, 2017) we could be looking at evidence that leguminous plants were practically only cultivated irrigated between 2200 and 750 B.C. On the other hand, the analyses carried out in our research on the lentils from Font de la Canya seem to indicate that they were irrigated, however, there is no comparative information available on current lentils cultivated in the region or on archaeological cereals. In addition to isotopes, geometric morphometry could also help to clarify whether peas from the second half of the 1st millennium BC are new rainfed varieties. To work on this hypothesis, the peas from the early periods would be compared with the current varieties used for green consumption, determining whether or not they could belong to this type of variety. This study, in conjunction with isotopic analyses, could determine this question. For the moment, however, it is only conjecture.

The trend begins to change from the third period with the appearance of new taxa such as the chickpea and an increase in dryland species such as the grass pea, bitter vetch and vetch. Regardless of whether they were cultivated or not in earlier times, this chronological period saw a large increase in their relative frequency and ubiquity, an growth which endures the fourth period. The cause of this change appears to stem from several factors. The first could be colonial influences that began to take place in the Western Mediterranean from the outset of the 1st millennium BC. There is in fact a clear link between the chickpeas identified in this period to those of the Phoenician colonies of Andalusia and the Valencian region (Chamorro, 1994; Montes Moya, 2014; Pérez-Jordà, 2013). On the other hand, although not observed previously, there is apparently a link between the increase in grass pea in the third period in the regions north of the Ebro River with the Greek colonisation. This is evidenced by larger numbers of these species in Greek spheres, although curiously not in the colonial cities themselves (e.g., Empúries). Apart from this link, the different Greek sites in the eastern Mediterranean during the Bronze and Iron Ages reveal a great number of these species (Marinova et al., 2011; Sarpaki, 1992a). In turn, another pulse appears in greater numbers from this moment on is bitter vetch, a species already revealing high values in the Late Bronze Age in northern Italy and in regions to the south of the Alps (Bouby, 2014) where its cultivation or increase in cultivation may date to the third period. The Greek influence on this pulse also cannot be ruled since it was also abundant in this region during Bronze and Iron ages. It is noteworthy that these species appear to have greater values in regions of Eastern and Central Europe probably due to their diffusion from Bulgaria, where they were already abundant at the end of the Neolithic (Zohary et al., 2012) and from where they subsequently expanded throughout the Carpathians and Hungary (Filatova et al., 2019). Whether due to a Greek-Mediterranean or European influence, a greater presence of these species does seem to be observed in the regions north of the Ebro, expanding in the fourth period to the Valencian Country and Andalusia.

For these species, whether introduced in the third period or simply produced on a larger scale than in the preceding periods, other factors must be taken into account to explain why they were more widely cultivated in the region in this particular chronology, especially if they were previously only marginally cultivated.

Apart from the colonial presence or Central European influence, other factors must have come into play in explaining the success of pulse cultivation when compared to that of previous periods. In this sense it is key to take into account the demographic growth taking place during the Late Bronze Age and its intensification during the Early Iron Age. This is the case especially in the second period with the general emergence of more stratified societies for the moment bearing a more marked control of the territory. The complexity of this type of organisation resulted in the integration of the different economic systems throughout all the study regions into a single Mediterranean trade network. This type of economic model generates more intensive and specialised production, which combined with demographic growth leads to the colonisation of new space for cultivation, at times to the detriment of fields that previously served for grazing. This situation is reflected by a lower mobility of the livestock in the third period due to the need to cultivate different species to nourish the livestock. These dryland pulses were thus species mainly destined for fodder, especially bitter vetch and vetch. On the other hand, due to the fact that their cultivation required less labour (albeit not their harvest), their ability to adapt to less fertile lands and their nutritional values, they were very appropriate to be grown without needing to resort to the fertile fields intended for the species consumed by humans. It is certainly worth analysing whether the intensification of agriculture generated these new production systems with a more intensive livestock exploitation or if, on the contrary, it led to producing a greater confinement of animals, requiring expanding crop areas with fodder species for later feeding. Finally, the possibility of increasing the use of these species as a means of combating insect pests has to be taken into account, either because of the increased resistance of the almortas and yeros to weevils or because of their repellent effects on the crops where these species are found.

This intensification of agricultural and livestock production must also be seen in relation to the development of tree growing from the third period onwards, as all these factors are evidence of an integrated economic model in which the maximum yield is obtained from the territory and the agricultural calendar. This type of production system implies full sedentarisation, not only of the habitat areas, but also of the land used for agriculture, and the increase in dry pulses plants may be a reflection of certain crop rotations and fallow cycles to recover the fertility of the land after the different harvests produced. Although these rotations and short-term cycles were probably not as strictly developed as in later historical periods, they were probably already conceived in this way and were carried out on an occasional basis to improve agricultural yields. On this point, classical sources provide us with very useful information, as they describe the regenerative capacity of leguminous and describe different types of crop rotations and the use of fallow to improve the productivity of subsequent harvests. With the available data in the Western Mediterranean, biannual cropping and fallowing could be carried out during the whole chronological axis, however, we consider that cereal and pulses crop rotations are probably not being carried out until the third chronological period of this study. We consider that the lack of rainfed legumes or their low values observed in the first two chronological phases would prevent this fact, since only lentils have a great capacity to

adapt to aridity and rainfed cultivation, but their lower values than beans and peas, which were probably cultivated irrigated in orchards or crops with high humidity, do not seem to be related to a usual rotation system in these chronologies. In addition to these rotations, another process that could be taking place from the First Iron Age onwards is the use of these dry leguminous plants as green manure, sown just after a cereal crop, cut when they are still green and mixed with the soil to improve their fertilisation through the high nitrogen content of these species. This type of fertilisation is documented both ethnographically and in classical sources. Another additional cause that may be related to the increase of yerros and almortas, is the presence of insect pests, in particular gorogojos. The revision and quantification of the entomofauna marks in the different archaeological leguminous seeds evidenced an increase of these features from the Final Bronze Age and especially from the First Iron Age. These species have a greater resistance to this type of pests, besides being species that repel certain insects.

On the other hand, resorting to these 'minor' or rain-fed pulses also provided a certain protection during lean seasons as the diversification of crops observed in ethnography stems on many occasions from the need to have access to specific crops when the more common types consumed by humans are scarce. The grass pea is especially important in these cases. It is a species that served both for human and livestock consumption. However, its prolonged consumption leads to poisoning by the amino acid β -N-oxalyl-L- α,β -diaminopropionic acid (ODAP) it contains which triggers an irreversible spastic paralysis of the lower limbs, spinal hyperreflexia and structural changes of the skeletal connective tissues. These processes can end up leading to deformities and even death. Numerous cases of this disease are observed currently and throughout the 20th century in times of great scarcity such as during the harsh period after the Spanish Civil War or today in the poorest regions of India. It is probable that this types of diseases occurred in the study area, although it is very difficult to determine if early societies were aware of them as they is not mentioned in the classical sources. The old texts do, on the other hand, cite other conditions that affected cattle subsequent, for example, to a high consumption of bitter vetch. Although they do not play an intermediate role like grass pea, which are also consumed by humans on a regular basis, bitter vetch and vetches can be consumed as food on occasions of famine, a fact that seems to be evidenced in some archaeological sites, such as the vetches of La Bastida de les Alcusses, whose presence in places of habitation has been interpreted as a possible human consumption (Pérez-Jordà, 2013). However, its flavour means that it is not a common practice, as ethnography indicates, and it is only eaten at times when there were no other types of foodstuffs to eat.

The fourth general objective of this thesis, notably an attempt to reconstruct the possible agri-food cycles of pulses, led to comparing agronomic, archaeological, and fruit and seeds remains data with ethnographic information. Although ethnography has rarely focused on pulses, certain authors have included them in general surveys of current traditional societies both in the Mediterranean and other regions of the Old World. Their longer sowing capacity, together with their harvest timeframe preceding that of cereals, facilitated their inclusion in the agricultural calendars of cereal-based societies as the effort required for caring for them did not overlap with that of cereals. However, when

the cycle of pulse grains was delayed and overlapped with cereals, they then took on a secondary role as work focused on the cereals, the main crops. At times when labour did not suffice or if the draught animals had to be shared with other tasks, pulses could be planted later, even if the moment was not the most suitable for their development. This contrasts with the cases of wheat and barley. Ethnography indicates that cereals not only served as a source of food, but when in surplus could be exchanged for other products, a fact that further promotes the role of these species as the main crops of traditional Mediterranean societies. Moreover, this dynamic can probably be extrapolated to the Bronze and Iron ages of the Western Mediterranean in spite of a lack of evidence. However, this could explain the greater import afforded to cereals in agricultural systems as their production exceeded the nutritional needs and thus also served as 'savings' or goods to be exchanged for other products. Ethnographic research has noted that pulse production is constant and essential albeit limited to a lesser scale in family and domestic contexts, and only rarely served as a product of potential immediate or future exchange. This production of more domestic nature does not imply that pulse grains or forage, although not being its finality, were not exchanged on a small scale.

The cultivation of pulses does not require any tool or marked process different from that of cereals, unlike fruit trees, in which their cultivation also involves the use of tools such as pruning knife or pruning shears. For this reason, their cultivation cannot be established without archaeobotanical studies and the identification of seeds of these species. Ethnography shows how, from the preparation of the land for their cultivation to their storage, they are produced with tools, containers or in the same structures as cereals, making their indirect presence invisible. It has been observed how leguminous plants are prepared with ploughs and hoes, and then harvested with sickles and scythes, as well as threshed on threshing floors, using everything from threshing machines to flails or other simpler tools for this process. Winnowing and sieving is also carried out in much the same way as for cereals, probably with the difference being the subsequent manual separation of impurities, since as it is sometimes consumed without grinding or other processing, it is necessary to remove impurities such as small stones or weed seeds. The lack of precise tools for the cultivation of these species may have led to less archaeological studies of their cultivation, although they have always been taken into account in the interpretations and analyses carried out. As in the previous processes, priority is given to the processing of cereals, with the threshing or winnowing of pulses being carried out in domestic environments or later if it is necessary to prioritise the processing of cereals, again showing the greater dedication of traditional societies to these species.

The tools serving to process pulse seeds prior to consumption are most often linked to cereals. New phytolith and starch research has confirmed that querns processed pulses and other species such as acorns. This is likewise reflected both by ethnography and by classical sources. It was in fact common to mix cereal and pulse flours to make breads when the former were scarce or to render them more nutritious. Other forms of consuming of these species involved a light grinding, simply breaking up the seeds to later boil or cook them. A product called fava in Greece was similar to bulgur, but applied to pulses instead of cereals. With regard to their consumption, it has been observed that the species

of leguminous plants that appeared in the Western Mediterranean during the 2nd and 1st millennium BC have a hierarchy in today's traditional societies that was probably also present during protohistoric times. Lentils, peas and chickpeas are classified as food for humans, while bitter vetches and vetches are defined as fodder, and lastly, broad beans and grass peas have an intermediate role, and can be used for both types of food.

With all the information obtained in this work, we consider that a fact that had not been observed until now, due to the lack of a general synthesis of this family in the Western Mediterranean, is that the use of these species differs from one species to another, and it is not possible to generalise. The current study has observed great agronomic differences between the pulses with the greatest need of water and those that were rainfed, with certain species appearing to have been cultivated by both means. The appearance or intensification of rainfed and forage legume species from the 1st millennium BC suggests new agronomic models probably linked to the socio-economic and political changes of the timeframe. The evidence indicates that it is key to emphasise the increase in dry land forage pulse species as they reveal close ties to livestock feeding at a time when great changes were taking place in the management of domestic animals with a reduction in their mobility and a probable increase in their stabling. The simultaneous development of arboriculture also led to very significant changes in the agricultural and productive models of the Iron Age. This notion has been the object of extensive archaeobotanical research, establishing itself as the beginning of a homogenous type of agriculture throughout the Mediterranean Basin and its contiguous regions marked by similar productive and intensive trends. The current study notes nonetheless that these descriptions do not take into account pulses, especially dryland forages, elements which appear to be of essence to the Mediterranean agricultural systems observed by ethnography.

The intensification of typical Mediterranean agriculture requires different processes to restore soil fertility; in addition to fallow cycles, the use of leguminous plants to nitrify the crop fields is essential to continue farming, a process in which rainfed pulses play an important role. On the other hand, both ethnographic and classical sources often mention these species in Mediterranean farming systems. However, they have not been considered as part of the Mediterranean triad, introducing cereals, olive trees and vines in this farming model. With this research we believe that legumes were and are a fundamental part of traditional Mediterranean agriculture due to their soil regeneration function as well as their role as fodder and as a human food supplement, especially in poorer diets, being a good source of protein that is not very accessible in many cases for a large part of the population. In this respect, Anaya Sarpaki's work on the triad or quartet of Mediterranean agriculture is very interesting, explaining how these species are basic to this model of agricultural exploitation (Sarpaki, 1992b). Leguminous plants, at least since classical times, have been seen as species consumed by the low-income population, probably being one of the main reasons why they have not been given the same consideration as other types of foodstuffs.

The Western Mediterranean from the 1st millennium BC assumed the broader Mediterranean Basin production model which with new species and certain changes which have endured practically until today. It is for this reason that we believe that pulses from the Iron Age played a role similar to that observed by ethnography of traditional Mediterranean producing societies where pulses, albeit in a secondary role, were always present. Hence, although pulses at times do not form part of the archaeobotanical record of certain sites, it is quite likely that certain were cultivated, especially from the 1st millennium BC but due to a series of taphonomic conditions they are no longer preserved.

In short, the current study has addressed its initial questions and has been able to determine a system to identify pulses that serves to establish the different probabilities that a doubtful seed of this family has of belonging to one of its species. Geometric morphometry also has a great potential to differentiate between the different taxa of this family. Analyses of this type must continue on both archaeological and modern data (preferably charred) to improve the degree of probability to garner new data beyond that of form that may be useful to archaeological interpretations. The analyses of this thesis have also yielded certain information on intraspecific differences. These differences must nonetheless be viewed with great care as they are annual species bearing great variability among each other. This thus renders it probably not possible to differentiate between specific varieties, but only between the large groups of varieties among each species. This global study of the Western Mediterranean region during the 2nd and 1st millennium BC has thus identified trends that have not recognised in general studies of taxa or of specific regions. The use of agronomic and ethnographic information also offers a new approach to the data of these species that has not benefitted from any joint model as it has identified marked differences between the forms of cultivation among certain species. Finally, this thesis has laid down the foundation to new approaches and avenues of future research which can potentially offer great knowledge to this field by confirming or rejecting the different working hypotheses.

Conclusiones

Con este trabajo de investigación se ha podido observar como el papel de las leguminosas en los sistemas agrícolas en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., tiene unas características y evolución a lo largo del eje cronológico estudiado relativamente similares en las cuatro regiones del análisis (sureste peninsular, País Valenciano, noreste peninsular y Rosellón-Languedoc), aunque con matices característicos en cada una de ellas.

Los objetivos planteados a lo largo de esta investigación se pueden resumir en 4 puntos principales: Analizar la posible infrarrepresentación de las leguminosas en el registro arqueobotánico. Mejorar las identificaciones taxonómicas de las semillas de esta familia aplicando la morfometría geométrica. Observar las tendencias y la evolución que se producen en el registro de leguminosas cultivadas a lo largo del II y I milenio a.C. y cuáles pueden ser sus causas. Por último, se ha intentado reconstruir los posibles procesos agroalimentarios de estas especies cultivadas en el marco de estudio.

La primera constatación que hemos obtenido es que la posible infrarrepresentación de las especies de esta familia, hecho ya propuesto por diversos investigadores anteriores en varias publicaciones (Buxó, 1997; Sarpaki, 1992b), se esté produciendo realmente en el registro arqueobotánico, al menos en nuestro marco de estudio. En las fuentes clásicas y la etnografía se observa como en todas las sociedades productoras basadas en sistemas agrícolas cerealísticos, las leguminosas aparecen de forma continua. Este hecho nos lleva a proponer que, a pesar de no haberse recuperado semillas de leguminosas cultivadas en un número relativamente alto de yacimientos arqueológicos del área de estudio, probablemente algunas de estas especies se estuviesen cultivando, procesando y consumiendo en todos ellos, ya que no se han observado casos de estudio etnográficos de poblados agrícolas del Mediterráneo y del sureste asiático en los cuales no se cultivasen. A pesar de que podría suceder que las sociedades del pasado tuviesen roles agrícolas diferentes a las sociedades tradicionales actuales, las evidencias arqueológicas parecen indicar una gran similitud en el trabajo agrícola, especialmente a partir de la Edad del Hierro. En esta investigación se ha observado cómo se han identificado leguminosas cultivadas en yacimientos de la misma cronología, región y horizonte cultural que otros yacimientos sin estos taxones, hecho que nos lleva a pensar que a pesar de que no se hayan recuperado, sí que estarían presentes en los ciclos agroalimentarios de estos yacimientos. En general los diferentes datos sobre las leguminosas cultivadas nos llevan a proponer que las leguminosas se encuentran infrarrepresentada por diferentes motivos:

- Diferencias en la cosecha y el consumo. La etnografía nos muestra como en muchas ocasiones las vainas y semillas de las legumbres se consumen frescas, disminuyendo las posibilidades de su carbonización durante su almacenamiento.

- Diferencias en el procesado. Las leguminosas no se exponen al fuego para torrefactarse como sí se suele realizar con algunos cereales, especialmente los vestidos.
- Menor resistencia a la carbonización. La experimentación realizada ha mostrado como estas semillas son generalmente menos resistentes a altas temperaturas, pudiendo calcinarse antes que los cereales.
- Menor resistencia a fenómenos postdeposicionales. Ciertas investigaciones metodológicas señalan como algunas leguminosas se desintegran más fácilmente que los cereales durante los tratamientos de flotación y tamizado en columna.

Por estos motivos consideramos que estas especies pueden estar algo infrarrepresentadas y que probablemente estuviesen presentes en todas las sociedades productoras del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., independientemente de su cantidad o importancia, como muestra la etnografía.

Sin embargo, hay que tener siempre presente que todos los datos recopilados en esta investigación nos muestran que las leguminosas rara vez se cultivan en su máxima productividad. A pesar de su importante papel en los ciclos agrícolas, en la alimentación humana y del ganado, y de su capacidad regeneradora del suelo; estas especies no son la principal fuente de producción y alimentación en ninguna de los estudios etnográficos sobre agricultura tradicional. Su cultivo parece deberse principalmente a su característica tolerancia a condiciones de cultivo relativamente adversas, siendo probablemente este hecho la principal causa de su cultivo (Butler, 1990), incluso por encima de los anteriores. Muchos sistemas agrícolas tradicionales reflejan una atención prioritaria a los cereales, con una dedicación mínima a las legumbres, cultivándose estas últimas en suelos marginales, y, en bastantes especies, en lugares con una disponibilidad limitada de agua, con poco o ningún laboreo, y sin ningún tipo de abono.

Otro tipo de evidencia observado en la etnografía sobre el menor papel de las leguminosas en los sistemas agrícolas, es que ciertas labores pueden quedar relegadas a momentos que no son los más óptimos si no se han acabado otros trabajos en los cultivos de cereales, como se ha observado en la siembra de algunas leguminosas, esperando a que la mano de obra y animales de tiro están disponibles, priorizando este hecho a la idoneidad de las fechas. En la etnografía se observa cómo la laboriosidad de la cosecha de las leguminosas es un inconveniente bastante marcado por las sociedades tradicionales, condicionando su menor producción ya que la mano de obra necesaria es mayor; este hecho nos lleva a pensar si este puede ser el motivo por el cual no hemos observado ningún ejemplo de sociedad tradicional agrícola en la cual las leguminosas sean el principal cultivo

Por lo tanto, con los datos recopilados, las leguminosas probablemente estén presentes en todas las sociedades del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., aunque siempre tuvieron un papel secundario, dedicadas a tierras de cultivo marginales o a pequeños cultivos irrigados en el caso de las habas y algunos guisantes, utilizándose

especialmente en momentos de hambrunas y de años con condiciones meteorológicas más adversas.

El segundo objetivo general de los puntos tratados en esta investigación ha sido la identificación de las semillas arqueológicas de leguminosas. En la bibliografía arqueobotánica de frutos y semillas se ha especificado la dificultad a la hora de identificar algunos taxones entre ellos, ya que los tamaños y las formas son bastantes similares, a la vez que la alta variabilidad intraespecífica hace que algunos individuos de una especie se confundan con los de otra. Los resultados obtenidos al aplicar análisis morfo-geométricos en los contornos de las semillas ha aportado una nueva forma de ayudar a estas identificaciones. Aunque estos resultados no son exactos, las reclasificaciones obtenidas han sido muy prometedoras, permitiendo cambiar algunas identificaciones dudosas realizadas anteriormente y proponer algunos taxones a individuos de los cuales se dudaba de su género. Sin embargo, los datos utilizados en esta investigación son un primer paso, ya que consideremos que este tipo de análisis tiene mucho potencial si se aumenta la información ya conocida, como semillas actuales carbonizadas o más individuos arqueológicos que no generen dudas arqueológicas. También los modelos predictivos están limitados por las especies utilizadas como referencia, siendo útil ampliar la información existente con nuevas especies que podrían haber sido cultivadas en el área de trabajo. Creemos que de cara a futuras investigaciones sería muy útil este tipo de análisis para diferenciar entre las almortas (*Lathyrus sativus*) de los titarros (*Lathyrus cicera*). Este tipo de estudio podría ayudar a determinar si las semillas que se encuentran antes del I milenio son titarros, los cuales pueden ser cultivados o silvestres, o almortas, las cuales son cultivadas. También este tipo de análisis podría aplicarse a individuos de leguminosas neolíticos y de la edad del Bronce cuyos taxones no tengan casi individuos en toda la región durante estas amplias cronologías, como los yeros o almortas/titarros. Este tipo de trabajo podría determinar si la hipótesis de una posible introducción tardía, en el I milenio a.C., de estas leguminosas de secano es probable o no, ya que se podrían obtener nuevos criterios para la identificación de estos restos.

La morfometría geométrica parece ser eficaz en observar diferencias intraespecíficas, ya que se han podido diferenciar muestras de una misma especie en un mismo yacimiento muy diferentes entre ellas, siendo a la vez similares entre otras muestras, abriendo la posibilidad de un cultivo simultáneo de dos variedades o la progresiva sustitución de una por otra; hecho observado en las lentejas de Font de la Canya (Tarongi et al., 2021). Sin embargo, en este trabajo no se han utilizado diferentes variedades actuales para compararlas con las semillas arqueológicas, por lo que no se ha podido establecer nada más que las diferencias observadas entre las diferentes semillas de una misma especie. En ocasiones, como en las habas, estas diferencias parecen ser más regionales y cronológicas, por lo que no existe una preferencia hacia un tipo u otro ya que existe cierta homogeneidad entre las habas de un mismo yacimiento e incluso una misma región en una cronología determinada. Otro caso muy interesante es el de los guisantes, los cuales presentan cierta homogeneidad durante todo el marco de estudio salvo en el último periodo, con formas y tamaños bastantes diferentes a los anteriores, este hecho podría

indicar el cambio de un tipo de variedades de guisantes por otro, con condiciones agronómicas diferentes y que podrían adaptarse mejor a las condiciones de producción establecidas posteriormente. Especies con semillas únicamente en una región concreta en periodos concretos, como las almortas, parecen indicar una tendencia a una ligera reducción de tamaño a lo largo del tiempo, sin embargo, no son evidencias claras como en otras especies. En general estos resultados obtenidos sin comparaciones con materiales modernos, indican una diferenciación intraespecífica muy interesante que podría proporcionar información más completa al compararse con variedades actuales concretas carbonizadas, abriendo una nueva línea de investigación en el futuro. No obstante, consideramos que también hay que ser realista con los objetivos que se pueden obtener, siendo prácticamente imposible establecer variedades en especies tan heterogéneas como las leguminosas, aunque probablemente sí se pueda obtener información sobre los grandes grupos de variables ya citados en la descripción agronómica de estas especies, como en el caso de las lentejas, guisantes, habas o garbanzos; aunque en el caso de estos últimos tendría que aplicarse en periodos cronológicos con más individuos.

Continuando con la morfometría, también pueden realizarse comparativas muy interesantes al aplicarse este análisis sobre semillas en las cuales se vaya a determinar su composición isotópica. A pesar de que en nuestro estudio se ha realizado solo una pequeña experimentación, ya que no era el objetivo principal de la investigación, los resultados pueden ayudar a interpretar si las diferencias de tamaño y forma se deben a factores ambientales o genéticos. En el caso de las lentejas de Font de la Canya, parece observarse una influencia en la irrigación y el tamaño, aunque no es el único factor que parece influir en esta relación ya que en ocasiones semillas pequeñas tienen valores de carbono 13 más altos que las grandes, debiéndose estas diferencias a causas no relacionadas con la irrigación o las precipitaciones. Más análisis de este tipo, cuya ejecución es bastante simple, podría ayudar a establecer las relaciones entre las diferentes formas y tamaños con diferentes hechos ambientales. También podría aportar información útil este tipo de análisis en las semillas actuales en las cuales se vaya a analizar su composición isotópica ya que se podría establecer más claramente la influencia de la irrigación en las formas y tamaños de las semillas de una misma variedad de una misma especie.

El tercer objetivo principal de nuestra investigación son los cambios regionales y cronológicos en la cantidad y menciones de las leguminosas cultivadas en el marco de estudio. Independientemente de que las semillas de esta familia estén infrarrepresentadas por los diferentes motivos explicados anteriormente, se producen variaciones a lo largo del eje cronológico en las cuatro regiones de estudio. Al utilizarse un amplio cómputo de datos, hemos de suponer que los motivos por los que estas especies pueden aparecer menos que los cereales será más o menos parejo en el recuento total en cada fase cronológica y en cada región geográfica al tener un gran número de datos. Probablemente el hecho de realizar esta comparativa sobre un amplio ámbito geográfico y cronológico ha permitido observar tendencias que en los estudios anteriores ya se intuían, pero que no se visualizaban de la misma forma al no tener una comparativa global sobre estas especies.

Uno de los factores observados es cómo en los dos periodos más antiguos predominan las leguminosas de regadío, con una alta presencia de habas y guisantes en las 4 regiones, especialmente en el sureste de la Península Ibérica, aunque la mayor importancia sobre el resto de leguminosas es un hecho en toda el área de estudio. Salvo las lentejas, los otros taxones prácticamente no aparecen en el área geográfica durante estos dos primeros periodos, abriéndose la probabilidad de que las especies que son autóctonas del Mediterráneo Occidental no sean cultivadas y sean recolectadas. Los yeros son la única especie alóctona que podría ser cultivada, sin embargo, su identificación es dificultosa y hay que tener en cuenta que existe alguna posibilidad de que no se estén identificando correctamente estas semillas, por lo que, consideramos que podría ser muy interesante aplicar la morfometría geométrica en todos los individuos anteriores al I milenio a.C., para poder desmentir o confirmar esta hipótesis. Si este fuese el caso las leguminosas de estas primeras fases cronológicas se podrían estar cultivando en terrenos irrigados, ya que las habas y los guisantes son especies de regadío mientras que las lentejas también pueden cultivarse de esta forma. Únicamente se han estudiado a nivel isotópico las habas y un poco los guisantes, indicando los valores su probable irrigación para el primer periodo en el sureste peninsular. Aunque son pocos datos y no generales para toda el área, el hecho de que prácticamente solo se identifiquen estas especies y en las semillas analizadas los índices de carbono 13 sean de especies con una adecuada aportación hídrica (Araus et al., 1997; Mora González, 2017) podríamos estar ante una evidencia de que las leguminosas prácticamente solo se cultivaban irrigadas entre el 2200 y el 750 a.C. Por otro lado, los análisis realizados en nuestra investigación en las lentejas de Font de la Canya, parecen indicar que fueron irrigadas, sin embargo, no se dispone de información comparativa de lentejas actuales cultivadas en la región ni de los cereales arqueológicos. Además de los isótopos, la morfometría geométrica también podría ayudar a esclarecer si los guisantes de la segunda mitad del I milenio a.C., son nuevas variedades de secano. Para trabajar sobre esta hipótesis, se compararían los guisantes de los primeros periodos con las variedades actuales que se utilizan para su consumo en verde, determinando si pueden o no pertenecer a este tipo de variedades. Este estudio, en conjunto con los análisis isotópicos, podría determinar esta cuestión. Sin embargo, por ahora no son más que conjeturas.

A partir del tercer periodo, esta tendencia comienza a cambiar, apareciendo nuevos taxones como los garbanzos y aumentando las especies de secano como las almortas, yeros y vezas. Independientemente de si se cultivaban anteriormente o no, en este periodo se produce un gran aumento de su frecuencia relativa y ubicuidad, hecho que continúa aumentando en el cuarto periodo cronológico. Este cambio parece estar causado por varios motivos. El primero podría estar influenciado por los procesos coloniales que comienzan a suceder en el Mediterráneo Occidental a partir de comienzos del Primer Milenio a.C.; existiendo una evidente relación entre los garbanzos identificados en este periodo con las colonias fenicias de Andalucía y el País Valenciano (Chamorro, 1994; Montes Moya, 2014; Pérez-Jordà, 2013). Por otro lado, aunque no se ha observado anteriormente, parece existir una relación entre el aumento de las almortas en el tercer

periodo en las regiones situadas al norte del Ebro con las colonizaciones griegas ocurridas a partir de este momento, observándose un incremento de esta especie en los lugares que más presencia griega hay, aunque curiosamente no en las propias ciudades coloniales, como Ampurias. Además de esta relación, en los diferentes yacimientos griegos del Mediterráneo Oriental durante la Edad del Bronce y del Hierro tienen una alta presencia de esta especie (Marinova et al., 2011; Sarpaki, 1992a). Por otro lado, otra especie que aparece con fuerza a partir de este momento son los yeros, especie ya documentada con altos valores en el Bronce Final en el norte de Italia y en las regiones situadas al sur de los Alpes (Bouby, 2014), pudiendo provenir su cultivo o su aumento a partir del tercer periodo de estas regiones. Aunque tampoco se puede descartar la influencia griega en esta especie, ya que también son abundantes en esta región durante la protohistoria. Curiosamente estas especies parecen tener valores más altos en regiones de Europa oriental y central, probablemente por su difusión desde Bulgaria, lugar donde estas especies ya son abundantes a finales del Neolítico (Zohary et al., 2012), expandiéndose posteriormente por los Cárpatos y Hungría (Filatova et al., 2019). Sea por una influencia griega-mediterránea o europea, sí que parece observarse una mayor presencia de estas especies en las regiones del norte del Ebro, expandiéndose en el cuarto periodo por el País Valenciano y Andalucía.

En estas especies, ya sean introducidas en el tercer periodo o simplemente producidas a una mayor escala que en los periodos precedentes, hay que tener en cuenta otros factores para explicar el porqué de su cultivo más extendido en la región en esta cronología concreta, especialmente si ya se cultivaban anteriormente solo de forma marginal. Además de la presencia colonial o la influencia europea, tiene que haber otros motivos para que triunfe su cultivo en comparación con los periodos anteriores, en este aspecto creemos que es muy importante tener en cuenta el aumento demográfico observado durante el Bronce Final y su intensificación durante la Primera Edad del Hierro y especialmente en la segunda, momento en el cual surgen, de manera generalizada, sociedades mucho más estratificadas y con un control del territorio mucho más marcado. La complejidad de esta organización conlleva unos sistemas económicos integrados de todas las regiones estudiadas en una red de comercio mediterránea. Este tipo de modelo económico genera producciones más intensivas y especializadas, que junto al crecimiento demográfico produce la colonización de nuevas áreas de cultivo, en ocasiones en detrimento de campos que anteriormente se utilizaban para como lugares de pastoreo. Esta situación se ve reflejada con una menor movilidad del ganado a partir del tercer periodo, necesiéndose cultivar diferentes especies para alimentarlo, siendo estas leguminosas de secano especies que están principalmente destinadas para forraje, especialmente los yeros y las vezas. Por otro lado, debido a su menor necesidad de mano de obra en su cultivo (no en su cosecha), además de su capacidad de adaptarse a tierras poco fértiles y sus valores nutricionales las hacen muy apropiadas para estos usos sin necesidad de utilizar los campos fértiles destinados a especies para consumo humano. Creemos que en este punto sería interesante analizar si la intensificación de la agricultura generó estos nuevos sistemas productivos con una explotación del ganado más intensiva o si por el contrario fue al revés, produciéndose una mayor estabulación de los animales

necesitándose ampliar las zonas de cultivo con especies forrajeras para su posterior alimentación. Por último, hay que tener en cuenta la posibilidad del aumento de estas especies como forma de combatir las plagas de insectos, ya sea por la mayor resistencia de las almortas y yeros a los gorgojos o por sus efectos repelentes en los cultivos donde se encuentran estas especies.

Esta intensificación de la producción agrícola y ganadera, también hay que ponerla en relación con el desarrollo de la arboricultura a partir del tercer periodo, ya que todos estos factores evidencian un modelo económico integrado en el cual se obtiene el máximo rendimiento al territorio y al calendario agrícola. Este tipo de sistema productivo implica una sedentarización plena, ya no solo de las zonas de hábitat, sino también de las tierras destinadas a la agricultura, pudiendo ser el aumento de las leguminosas de secano un reflejo de ciertas rotaciones de cultivos y ciclos de barbecho para recuperar la fertilidad de las tierras después de las diferentes cosechas producidas. Aunque probablemente estas rotaciones y ciclos de corto plazo no se desarrollasen tan estrictamente como en periodos históricos posteriores, probablemente ya se tuviese esta concepción y se realizasen de forma ocasional para mejorar el rendimiento agrícola. En este punto, las fuentes clásicas nos aportan información muy útil ya que en ellas se recoge la capacidad regeneradora de las leguminosas y se describen diferentes tipos rotaciones de cultivos y la utilización de barbecho para mejorar la productividad de las cosechas posteriores.

Con los datos disponibles en el Mediterráneo Occidental, podrían realizarse cultivos y barbechos bianuales durante todo el eje cronológico, sin embargo, consideramos que la rotación de cultivos de cereales y leguminosas probablemente no se esté realizando hasta el tercer periodo cronológico de este estudio. Consideramos que la falta de leguminosas de secano o sus bajos valores observados en las dos primeras fases cronológicas impediría este hecho, ya que solo las lentejas tienen una gran capacidad de adaptación a la aridez y al cultivo en secano, pero sus valores, más bajos que en las habas y los guisantes, los cuales probablemente se cultivasen irrigadas en huertos o cultivos con una alta humedad, no parecen estar en relación con un sistema de rotación habitual en estas cronologías. Además de estas rotaciones, otro proceso que podría estar llevándose a cabo a partir de la Primera Edad del Hierro, es la utilización de estas leguminosas de secano como abono en verde, sembrándose justo después de un cultivo de cereales, cortándose cuando aún están verdes y mezclándose con la tierra para mejorar su fertilización a través de los altos componente de nitrógeno de estas especies. Este tipo de fertilización se documenta tanto etnográficamente como en las fuentes clásicas. Otra causa adicional que puede estar relacionada con el aumento de yeros y almortas, es la presencia de plagas de insectos, en concreto de gorgojos. La revisión y cuantificación de las marcas de la entomofauna en las diferentes semillas de leguminosas arqueológicas evidencian un aumento de estos rasgos a partir del Bronce Final y especialmente del Primer Hierro. Esas especies tienen una mayor resistencia antes este tipo de plagas, además de ser especies que repelen a ciertos insectos.

Por otro lado, la utilización de estas leguminosas “menores” o de secano también

proporciona cierta protección frente a las temporadas de escasez, ya que la diversificación de cultivos observada en la etnografía se produce en muchas ocasiones para tener algún tipo de alimento cuando los más utilizados para la alimentación humana escasean. En este punto son especialmente importantes las almortas, especies que se utilizan tanto para la alimentación humana como ganadera, sin embargo, el consumo prolongado de esta especie produce intoxicaciones por el aminoácido beta-N-oxalyl-L-alpha-betadiaminopropiónico (ODAP); desencadando una parálisis espástica irreversible de los miembros inferiores, hiperreflexia espinal y cambios estructurales de los tejidos conectivos esqueléticos; este proceso acaba derivando en deformidades e incluso la muerte. Actualmente y a lo largo del siglo XX se han observado numerosos casos de esta enfermedad en tiempos de gran escasez, como por ejemplo durante la postguerra española o actualmente en las regiones más pobres de la India. Probablemente este tipo de enfermedades se produjesen en el marco de estudio, aunque es muy difícil saber si estas sociedades eran conscientes de este hecho, ya que no se menciona en las fuentes clásicas, mientras que, si se hace de otras afecciones que afectaban al ganado por un consumo elevado de yerros, por ejemplo. Aunque no tienen un papel intermedio como las almortas, las cuales también se consumen por humanos de forma habitual, los yerros y las vezas se pueden llegar a consumir como alimento en ocasiones de hambrunas, hecho que parece evidenciarse en algunos yacimientos arqueológicos, como las vezas de La Bastida de les Alcusses, cuya presencia en lugares de habitación se ha interpretado como un posible consumo humano (Pérez-Jordà, 2013). Sin embargo, su sabor hace que no sea una práctica habitual, como señala la etnografía realizándose únicamente en los momentos en los cuales no había otro tipo de productos para alimentarse.

Para abordar el cuarto objetivo general e intentar reconstruir los posibles ciclos agroalimentarios de las leguminosas se han comparado los datos agronómicos, arqueológicos, y carpológicos con la información etnográfica. Aunque esta última pocas veces se centra en el estudio de las leguminosas, algunos autores sí que las han incluido en sus estudios generales de sociedades tradicionales actuales, tanto en el Mediterráneo como en otras regiones del viejo mundo. La capacidad de siembra más prolongada de estas especies, junto con su cosecha más temprana que en el caso de los cereales facilita su inclusión en el calendario agrícola de las sociedades cuyos cultivos principales son los cereales, ya que pueden no solaparse con el trabajo destinado a estas. Sin embargo, si el ciclo de las leguminosas de grano se retrasa y se solapa con los cereales, estas se dejan en un segundo plano, centrando los esfuerzos del trabajo en los cultivos principales. En ocasiones si no se dispone de la mano de obra suficiente o si se comparten animales de tiro, la siembra de estas especies puede realizarse más tarde, incluso aunque no sea lo más idóneo para su productividad, hecho que no se ha observado en el trigo o la cebada. Los datos etnográficos muestran como los cereales no se utilizan sólo como fuente alimenticia, sino que su producción tiene también un componente de excedente que se utiliza para intercambiar por otros productos, hecho que fomenta más el papel de estas especies como los cultivos principales de las sociedades tradicionales mediterráneas, probablemente esta dinámica se pueda extrapolar al Mediterráneo Occidental protohistórico, aunque no haya evidencias directas de este hecho, sin embargo, explicaría

la mayor importancia de los cereales en los sistemas agrícolas, ya que su producción excedería las necesidades alimenticias para destinarse como “ahorros” o bienes que pueden intercambiarse por otros productos. En los estudios etnográficos se ha observado cómo la producción de leguminosas es constante e importante, aunque se producen a pequeña escala y en un contexto familiar y doméstico, siendo raros los casos en los que su producción se realiza pensando en el intercambio o la sobreproducción para posibles intercambios posteriores, aunque sí se da en algunos casos. Esta producción más doméstica no implica que, aunque no sea su finalidad, no se intercambie con el grano de las leguminosas o su forraje, aunque sea a pequeña escala.

El cultivo de leguminosas no necesita ninguna herramienta o proceso diferente al de los cereales, a diferencia de los frutales, en los cuales su cultivo también implica la aparición de herramientas como corquetes o podaderas. Por este motivo su cultivo no se puede establecer sin realizarse estudios arqueobotánicos e identificar semillas de estas especies. La etnografía muestra cómo desde la preparación del terreno para su cultivo hasta su almacenamiento se produce con herramientas, contenedores o en las mismas estructuras que los cereales, invisibilizando su presencia indirecta. Se ha observado como las leguminosas se preparan con arados y azadas, posteriormente se pueden cosechar con hoces y guadañas, además de trillarse en las eras, utilizándose desde trillos a mayales u otras herramientas más simples para este proceso. También el aventado y cribado se realiza de forma muy similar a los cereales, cambiando probablemente en la separación manual posterior de impurezas, ya que al consumirse en ocasiones sin molerse u otros procesamientos, es necesario eliminar impurezas como piedrecillas o semillas de malas hierbas. La falta de herramientas precisas para el cultivo de estas especies puede haber ocasionado una menor dedicación de los estudios arqueológicos sobre su cultivo, aunque siempre se han tenido en cuenta en las interpretaciones y análisis realizados. Como en los procesos anteriores, se prioriza el procesamiento de los cereales, realizándose la trilla o el aventado de las leguminosas en ámbitos domésticos o posteriormente si se necesita priorizar el de los cereales, observando de nuevo la mayor dedicación de las sociedades tradicionales por estas especies.

Por otro lado, las herramientas para procesar estas semillas antes de su consumo se suelen relacionar con los cereales, sin embargo, nuevos estudios de fitolitos y almidones está confirmando la utilización de molinos en el procesamiento de leguminosas y otras especies, como bellotas. Este hecho también está reflejado tanto en la etnografía como en las fuentes clásicas, ya que el consumo de harinas de estas especies era un hecho habitual, realizándose panes con harinas de cereales mezcladas con harinas de leguminosas cuando las primeras escaseaban o para realizarlos más nutritivos. Otras formas de consumo de estas especies se realizan con una molienda ligera, fragmentando las semillas para posteriormente cocerlas o cocinarlas, producto denominado *fava* en Grecia y que sería similar al bulgur, pero con leguminosas. Respecto a su consumo se ha observado cómo las especies de leguminosas que aparecen en el Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio a.C., tienen una jerarquización en las sociedades tradicionales actuales que probablemente también se estuviese dando durante la protohistoria. Se clasifica como

alimento para humano a las lentejas, el guisante y el garbanzo; mientras que las vezas, y los yeros se definen como forraje, por último, las habas y las almortas tienen un papel intermedio, pudiéndose utilizar para ambos tipos de alimento.

Con toda la información obtenida en este trabajo, consideramos que un hecho que hasta ahora no se había podido observar al no realizarse una investigación general sobre esta familia en el Mediterráneo Occidental es que el uso de estas especies difiere entre ellas, no pudiéndose generalizar. En este estudio se ha observado una gran diferenciación agronómica entre las leguminosas con mayores necesidades hídricas y las de secano, con algunas especies que parecen cultivarse de ambas formas. La aparición o intensificación de las especies de secano y forrajeras de leguminosas a partir del I milenio a.C., nos indica el establecimiento de nuevos modelos agronómicos probablemente vinculados con los cambios socio-económicos y políticos que suceden durante este periodo. Con las evidencias obtenidas creemos que es muy importante hacer hincapié en el aumento de las especies de secano forrajeras de leguminosas, ya que están muy ligadas con la alimentación del ganado en un momento en el cual se observan grandes cambios en la gestión de los animales domésticos, con reducciones en su movilidad y un probable aumento de su estabulación. Al mismo tiempo, el desarrollo de la arboricultura en este periodo también marca un cambio muy significativo en los modelos agrícolas y productivos de la edad del Hierro. Este hecho ha sido bastante estudiado en la bibliografía arqueobotánica, estableciéndose como el comienzo de una agricultura mediterránea semejante en toda la cuenca de este mar y en las regiones aledañas, con unas características productoras e intensivas similares. Sin embargo, consideramos que estas descripciones no han tenido en cuenta a las leguminosas, es especial a las forrajeras de secano, las cuales parecen ser una parte muy importante de estos sistemas agrícolas mediterráneos observados en la etnografía.

La intensificación de la agricultura típicamente mediterránea necesita realizar diferentes procesos para recuperar la fertilidad del suelo; además de los ciclos de barbecho, la utilización de leguminosas para nitrificar los campos de cultivo es básica para poder continuar con la explotación agrícola, proceso en el cual las leguminosas de secano juegan un importante papel. Por otro lado, tanto las fuentes etnográficas como las fuentes clásicas mencionan a menudo estas especies en los sistemas agrícolas mediterráneos. Sin embargo, no se han considerado parte de la triada mediterránea, introduciendo a los cereales, el olivo y la viña en este modelo de explotación agrícola. Con esta investigación creemos que las leguminosas eran y son una parte fundamental de la agricultura tradicional mediterránea por su función regeneradora del suelo además de su papel forrajero y como complemento alimenticio humano, especialmente de las dietas más pobres siendo una buena fuente de proteínas no muy accesible en muchas ocasiones para gran parte de la población. Probablemente, este rol de alimento relacionada con hambrunas y con pobreza ha hecho que no se haya incluido como uno de los pilares de la agricultura mediterránea, siendo en este aspecto muy interesante el trabajo de Anaya Sarpaki sobre la triada o el cuarteto de la agricultura mediterránea, explicando cómo estas especies serían básicas en este modelo de explotación agrícola (Sarpaki, 1992b). Las

leguminosas, al menos ya desde la época clásica, se han visto como especies consumidas por la población de bajos recursos, probablemente siendo uno de los principales motivos por los que no se ha tenido en la misma consideración que otro tipo de alimentos.

En el Mediterráneo Occidental a partir del I milenio a.C., parece establecerse este modelo productivo típico de la cuenca mediterránea, que, con nuevas especies y ciertos cambios, ha perdurado prácticamente hasta la actualidad. Por este motivo consideramos que las leguminosas a partir de la edad del Hierro tendrían un papel semejante al observado en la etnografía de las sociedades productoras tradicionales del Mediterráneo, en las cuales las leguminosas tienen un rol secundario, pero estando siempre presentes, por lo que aunque en ocasiones no aparezcan leguminosas en el registro arqueobotánico de algunos yacimientos consideramos bastante probable que alguna de estas especies se esté cultivando, especialmente a partir del I milenio a.C., pero que por diferentes cuestiones tafonómicas no se hayan conservado hasta la actualidad.

En definitiva, esta investigación ha conseguido abordar las cuestiones generadas antes de comenarla, pudiendo obtener un sistema de identificación de leguminosas que ayude a establecer las diferentes probabilidades que tiene una semilla dudosa de esta familia de pertenecer a una de estas especies. La morfometría geométrica ha demostrado tener una gran potencialidad para diferenciar entre taxones de esta familia, que debe continuar trabajándose con nuevos datos tanto arqueológicos como actuales (preferiblemente carbonizados) para mejorar su papel probabilístico y obtener nuevos datos más allá de la forma que puedan ser útiles en la interpretación arqueológica. Estos análisis también han aportado cierta información sobre diferencias intraespecíficas, aunque estas últimas hay que tratarlas con mucho cuidado, ya que al ser especies anuales y con una gran variabilidad dentro de cada especie, probablemente no se puede llegar a diferenciar entre variedades concretas, pero sí entre los grandes grupos de variedades establecidos en cada especie. Por otro lado, el estudio global de la región del Mediterráneo Occidental durante el II y I milenio ha permitido apreciar tendencias que no se aprecian al realizarse estudios generales de todos los taxones o de regiones concretas. La utilización de la información agronómica y etnográfica también ha aportado un nuevo enfoque a los datos de estas especies, pudiendo establecer diferencias marcadas entre la forma de cultivo entre algunas de ellas, no existiendo un modelo conjunto para las leguminosas. Por último, se han abierto nuevos planteamientos y vías de investigación futuras que en el caso de poder realizarse pueden aportar un gran conocimiento al campo de investigación confirmándose o rechazándose diferentes hipótesis de trabajo.

Bibliografía

- Abate, T., van Huis, A., & Ampofo, J. (2000). PEST MANAGEMENT STRATEGIES IN TRADITIONAL AGRICULTURE: An African Perspective. *Annual Review of Entomology*, 45, 631–659.
- Abbo, S., Lev-Yadun, S., & Gopher, A. (2010). Agricultural origins: Centers and noncenters; a near eastern reappraisal. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29(5), 317–328. <https://doi.org/10.1080/07352689.2010.502823>
- Abd El-Moneim, A. M., van Dorrestein, B., Baum, M., & Mulugeta, W. (1999). *Role of ICARDA in improving the nutritional quality and yield potential of Grasspea (Lathyrus sativus L.) for subsistence farmers in developing countries*. 2(2001), 9.
- Adams, D. C., & Rohlf, F. J. (2000). Ecological character displacement in Plethodon: Biomechanical differences found from a geometric morphometric study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(8), 4106–4111. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.8.4106>
- Adams, D. C., Rohlf, J., & Slice, D. E. (2004). Geometric morphometrics: Ten years of progress following the ‘revolution.’ *Italian Journal of Zoology*, 71(1), 5–16. <https://doi.org/10.1080/11250000409356545>
- Aguilera, M., Espinar, C., Ferrio, J. P., Pérez, G., & Voltas, J. (2009). A map of autumn precipitation for the third millennium BP in the Eastern Iberian Peninsula from charcoal carbon isotopes. *Journal of Geochemical Exploration*, 102(3), 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2008.11.019>
- Aguilera, M., Ferrio, J. P., Pérez, G., Araus, J. L., & Voltas, J. (2012). Holocene changes in precipitation seasonality in the western Mediterranean Basin: A multi-species approach using $\delta^{13}C$ of archaeobotanical remains. *Journal of Quaternary Science*, 27(2), 192–202. <https://doi.org/10.1002/jqs.1533>
- Akemo, M. C., Reginer, E. E., & Bennett, M. A. (2000). Weed Suppression in Spring-Sown Rye (*Secale cereale*)–Pea (*Pisum sativum*) Cover Crop Mixes 1. *Weed Technology*, 14(3), 545–549. [https://doi.org/10.1614/0890-037x\(2000\)014\[0545:wsissr\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1614/0890-037x(2000)014[0545:wsissr]2.0.co;2)
- Aldás, J., & Uriel, E. (2017). *Análisis multivariante aplicado con R*.
- Ali, M., Singh, K. K., Pramanik, S. C., & Ali, M. O. (2009). Cropping Systems and Production Agronomy. In *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pp. 213–228).
- Almeida, N. F., Rubiales, D., & Vaz Patto, M. C. (2015). Grass Pea. In *Grain Legumes* (pp. 251–265).
- Alonso, N. (1999). *De la llavor a la farina. Els processos agrícoles protohistòrics a la Catalunya Occidental*.
- Alonso, N., Antolín, F., López, D., Cantero, F. J., & Prats, G. (2013). The effect of deshushing on cereals: experimentation for archaeobotanical comparison. In *Regards Croisés sur les outils Liés au Travail des Végétaux an interdisciplinary focus on plant-working tools. XXXIII rencontres internationales d’archéologie et histoire d’Antibes*.
- Alonso, N., & Bouby, L. (2017). Plant Resources from the Bronze Age and the first Iron Age in the northwestern arc of the Mediterranean Basin. *Comptes Rendus Palevol*, 16(4), 363–377. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2017.01.004>
- Alonso, N., & Buxó, R. (1995). *Agricultura, alimentación y entorno vegetal en la Cova de Punta Farisa (Fraga, Huesca) durante el Bronce medio*.
- Alonso, N., Cantero, F. J., López, D., Montes Moya, E., Prats, G., Valenzuela, S., & Jornet, R. (n.d.). *Etnoarqueología de la basura : almacenaje en silos y su reaprovechamiento en la población Ouartén de El Soudat (El Kef, Túnez) Rubbish Ethnoarchaeology : Pit Storage and Reuse in the Ouartén Village*.

- Alonso, N., Ferrio, J. P., Florit, A., López, J. B., Piqué, R., & Voltas, J. (2004). Evolució climàtica de la plana occidental catalana durant els darrers 4.000 anys: primers resultats de la discriminació isotòpica del carboni (13C). *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 14, 9–30.
- Alonso, N., & López, J. B. (2000). Minferri (Juneda, Garrigues): un nou tipus d'assentament a l'aire lliure a la plana occidental catalana, durant la primera meitat del segon mil·lenni cal. BC. *Tribuna d'Arqueologia*, 1993, 279–306.
- Alonso, N., & Pérez-Jordà, G. (2019). Elites and farmers in Iberian iron age cities (7th-2nd centuries BC): Storage and processing of agricultural products. *Country in the City: Agricultural Functions of Protohistoric Urban Settlements (Aegean and Western Mediterranean)*, 6–21. <https://doi.org/10.2307/j.ctvr00x98.4>
- Alonso, N., Pérez-Jordà, G., Rovira, N., & López, D. (2016). Gathering and consumption of wild fruits in the east of the Iberian Peninsula from the 3rd to the 1st millennium BC. *Quaternary International*, 404, 69–85. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.021>
- Alonso, N., & Rovira, N. (2009). Consommation et traitement des produits végétaux à Lattara entre -475 et -350. *Lattara*, 21, 1–58.
- Anderberg, A. (1994). *Atlas of Seeds and small fruits of North-West of Europe*.
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32–46. <https://doi.org/10.1080/13645700903062353>
- Anichini, F., Itkin, B., & Wolf, L. (2018). *The Automatic Recognition of Ceramics from Only One Photo: The ArchAIDE App*.
- Antolín, F. (2013). *Of cereals, poppy, acorns and hazelnuts. Plant economy among early farmers (5500-2300 cal BC) in the NE of the Iberian Peninsula. An archaeobotanical approach*.
- Antolín, F. (2016). *Local, intensive and diverse? Early farmers amb plant economy in the North-East of the Iberian Peninsula*.
- Antolín, F., & Schäfer, M. (2020). Insect pests of pulse crops and their management in Neolithic Europe. *Environmental Archaeology*, 0(0), 1–14. <https://doi.org/10.1080/14614103.2020.1713602>
- Antolín, Ferran. (2012). Experimental archaeology as a resource for approaching formation processes of seed assemblages. First results and future perspectives. *Estrat Crític*, 6, 25–48.
- Araus, J., Febrero, A., Buxó, R., Oliva Rodríguez, M., Molina, F., Camalich, M. D., Martín, D., & Voltas, J. (1997). Identification of Ancient Irrigation Practices based on the Carbon Isotope Discrimination of Plant Seeds: a Case Study from the South-East Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science*, 24(8), 729–740. <https://doi.org/10.1006/jasc.1997.0154>
- Araus, J. L., Febrero, A., Buxo, R., Camalich, M. D., Martin, D., Molina, F., Rodriguez-Ariza, M. O., & Romagosa, I. (1997). Changes in carbon isotope discrimination in grain cereals from different regions of the western Mediterranean Basin during the past seven millennia. Palaeoenvironmental evidence of a differential change in aridity during the late Holocene. *Global Change Biology*, 3(2), 107–118. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1997.00056.x>
- Arbuckle, B. S., Kansa, S. W., Kansa, E., Orton, D., Çakırlar, C., Gourichon, L., Atici, L., Galik, A., Marciniak, A., Mulville, J., Buitenhuis, H., Carruthers, D., De Cupere, B., Demirergi, A., Frame, S., Helmer, D., Martin, L., Peters, J., Pöllath, N., ... Würtenberger, D. (2014). Data sharing reveals complexity in the westward spread of domestic animals across Neolithic Turkey. *PLoS ONE*, 9(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099845>
- Archer, W., & Braun, D. R. (2010). Variability in bifacial technology at Elandsfontein, Western cape, South Africa: a geometric morphometric approach. *J. Archaeol. Sci.*, 37, 201–209.
- Aranz, A. (1991). Materiales carpológicos del yacimiento de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). *Trabajos de Prehistoria*, 48(c), 405-418 ST-Materiales carpológicos del yacimien.
- Aranz, A. M. (2000). LAS LEGUMINOSAS DEL CERRO DE LA CRUZ. *Complutum*, 11, 239–243.
- Arobba, D., Giacobini, G., Castelletti, L., Gardini, G., Meriggi, A., & Ottoboni, F. (1999). Analisi di un

- coprolite rinvenuto nei livelli del Neolitico Medio. In *Il Neolitico Nella Caverna Delle Arene Candide (Scavi 1972–1977)* (pp. 25–35).
- Arranz-Otaegui, A., Ibáñez, J. J., & Zapata, L. (2017). La explotación de plantas en el Jabal al-Arab (sur de Siria): una aproximación etnobotánica. *Miscelánea En Homenaje a Lydia Zapata Peña (1965–2015), October*, 63–82.
- Asquerino Fernández-Ridruéjo, M. D. (2008). Aprovechamiento de recursos vegetales en la Cueva de Los Mármoles (Córdoba). In *IV Congreso del Neolítico Peninsular* (pp. 368–373).
- Baab, K. L., McNulty, K. P., & Rohlf, F. J. (2012). The shape of human evolution: A geometric morphometrics perspective. *Evolutionary Anthropology*, 21(4), 151–165. <https://doi.org/10.1002/evan.21320>
- Bacilieri, R., Bouby, L., Figueiral, I., Schaal, C., Terral, J. F., Breton, C., Picq, S., Weber, A., & Schlumbaum, A. (2017). Potential of combining morphometry and ancient DNA information to investigate grapevine domestication. *Vegetation History and Archaeobotany*, 26(3), 345–356. <https://doi.org/10.1007/s00334-016-0597-4>
- Bailey, R. C., & Byrnes, J. (1990). A new, old method for assessing measurement error in both univariate and multivariate morphometric studies. *Systematic Zoology*, 39(2), 124–130. <https://doi.org/10.2307/2992450>
- Ball, T. B., Davis, A. L., Evett, R. R., Ladwig, J. L., Tromp, M., Out, W. A., & Portillo, M. (2016). Morphometric analysis of phytoliths: Recommendations towards standardization from the International Committee for Phytolith Morphometrics. *Journal of Archaeological Science*, 68, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.03.023>
- Barceló, J. a. (2007). *Arqueología y Estadística. Introducción al estudio de la variabilidad de las evidencias arqueológicas*. (Vol. 187).
- Barnes, D. K. (1980). Alfalfa. In *Hybridization of Crop Plants*. <https://doi.org/10.2135/1980.hybridizationofcrops.c9>
- Barulina, H. (1930). Lentils of the URSS and other countries. *Trudy Prikl. Bot. Selek. Suppl.*, 40, 1–319.
- Bastir, M., Higuero, A., Ríos, L., & Martínez, D. G. (2014). Three-dimensional analysis of sexual dimorphism in human thoracic vertebrae: Implications for the respiratory system and spine morphology. *American Journal of Physical Anthropology*, 155(4), 513–521. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22604>
- Behre, K. E., & Jacomet, S. (1991). The Ecological Interpretation of Archaeobotanical Data. In *Progress in Old World Palaeoethnobotany* (pp. 81–108).
- Berger, J. D., & Turner, N. . (2007). The Ecology of Chickpea. In *Chickpea breeding and management*. (pp. 47–71).
- Berihuete-Azorín, M., & Antolín, F. (2012). A les avellanes, foc i flames: tafonomia i quantificació de les closques d'avellana recuperades en contextos arqueològics. Revisió del registre documentat a la península ibèrica. *Cypsela: Revista de Prehistòria i Protohistòria*, 0(19), 281–294–294.
- Berihuete-Azorín, M., Stika, H.-P., Bourliva, A., Papadopoulou, L., & Valamoti, S. M. (2019). “Fresh from the Oven”: experiments on *Triticum spelta* and a protocol for carbonising specimens for archaeobotanical comparison collections. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 26(May), 101865. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.05.030>
- Bernabeu, J., & Martí, B. (1992). El País Valenciano de la aparición del Neolítico al horizonte campaniforme. In *Aragón Litoral Mediterráneo* (pp. 213–234).
- Berrada, A., Shivakumar, B., & Yaduraju, N. (2007). Chickpea in cropping systems. In *Chickpea breeding and management*. (pp. 193–212).
- Bignon, O., Baylac, M., Vigne, J. D., & Eisenmann, V. (2005). Geometric morphometrics and the population diversity of Late Glacial horses in Western Europe (*Equus caballus arcelini*): Phylogeographic and anthropological implications. *Journal of Archaeological Science*, 32(3), 375–391. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.02.016>

- Blackith, R. E. (1957). Polymorphism in Some Australian Locusts and Grasshoppers. *Biometrics*, 13(2), 183. <https://doi.org/10.2307/2527801>
- Boardmana, S., & Jones, G. (1990). Experiments on the effects of charring on Cereal Plant Components. *Journal of Archaeological Science*, 17(3), 1–11. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(90\)90026-2](https://doi.org/10.1016/0305-4403(90)90026-2)
- Bogaard, A., Charles, M., Twiss, K. C., Fairbairn, A., Yalman, N., Filipović, D., Demirergi, G. A., Ertuğ, F., Russell, N., & Henecke, J. (2009). Private Pantries and Celebrated Surplus: Storing and Sharing Food at Neolithic Çatalhöyük, Central Anatolia. *Antiquity*, 83(321), 649–668. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00098896>
- Bond, D. A., Lawes, D. A., Hawtin, M. C., & Stephens, J. H. (1985). Faba bean (*Vicia faba*). In *Grain Legume Crop* (pp. 199–265).
- Bonet, H., Guérin, P., & Mata, C. (1994). Urbanisme i habitatge ibèrics al País Valencià. *Cota Zero*, 10, 115–130.
- Bonhomme, V., Forster, E., Wallace, M., Stillman, E., Charles, M., & Jones, G. (2017). Identification of inter- and intra-species variation in cereal grains through geometric morphometric analysis, and its resilience under experimental charring. *Journal of Archaeological Science*, 86, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.09.010>
- Bonhomme, V., Ivorra, S., Lacombe, T., Evin, A., Figueiral, I., Maghradze, D., Marchal, C., Pagnoux, C., & Pastor, T. (2021). Pip shape echoes grapevine domestication history. *Scientific Reports*, 11:21381. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00877-4>
- Bonhomme, V., Picq, S., Gaucherel, C., & Claude, J. (2014). Momocs : Outline Analysis Using R. *Journal of Statistical Software*, 56(13), 1–24. <https://doi.org/10.18637/jss.v056.i13>
- Bonhomme, V., Picq, S., Ivorra, S., Evin, A., Pastor, T., Bacilieri, R., Lacombe, T., Figueiral, I., Terral, J.-F., & Bouby, L. (2020). Eco-evo-devo implications and archaeobiological perspectives of trait covariance in fruits of wild and domesticated grapevines. *PLOS ONE*, 15(11), e0239863. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239863>
- Bonhomme, V., Prasad, S., & Gaucherel, C. (2013). Intraspecific variability of pollen morphology as revealed by elliptic Fourier analysis. *Plant Systematics and Evolution*, 299(5), 811–816. <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0762-5>
- Bonhomme, V., Terral, J.-F., Zech-Matterne, V., Bonnaire, E., Lacombe, T., Ivorra, S., Pastor, T., Limier, B., Picq, S., Figueiral, I., & Bouby, L. (2021). Seed morphology uncovers 1500 years of vine agrobiodiversity before the advent of the Champagne wine. *Scientific Reports*, 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81787-3>
- Bookstein, F. (1984). A statistical method for biological shape comparisons. *Journal of Theoretical Biology*, 107(3), 475–520. [https://doi.org/10.1016/S0022-5193\(84\)80104-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5193(84)80104-6)
- Bookstein, F. (1986). Size and shape spaces for landmarks data in two dimensions. *Statistical Science*, 1(2), 181–242.
- Bookstein, F. (1989). Principal Warps: Thin-Plate Splines and the Decomposition of Deformations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11(6), 567–585. <https://doi.org/10.1109/34.24792>
- Bookstein, F. (1991). Morphometric Tools for Landmark Data Geometry and Biology. In *Cambridge Univ. Press*. <https://doi.org/10.4324/9780203059623-13>
- Bookstein, F. (1996). Biometrics, biomathematics and the morphometric synthesis. *Bulletin of Mathematical Biology*, 58(2), 313–365. <https://doi.org/10.1007/BF02458311>
- Bookstein, F. (1997). Landmark methods for forms without landmarks: Morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis*, 1(3), 225–243. [https://doi.org/10.1016/S1361-8415\(97\)85012-8](https://doi.org/10.1016/S1361-8415(97)85012-8)
- Bookstein, F., Chernoff, B., Elder, R. L., Humphries, J. M., Smith, G. R., & Strauss, R. (1985). *Morphometrics in Evolutionary Biology: The Geometry of Size and Shape Change, With Examples from Fishes*.

- Bookstein, F., Gunz, P., Mittercker, P., Prossinger, H., Schæfer, K., & Seidler, H. (2003). Cranial integration in Homo: Singular warps analysis of the midsagittal plane in ontogeny and evolution. *Journal of Human Evolution*, 44(2), 167–187. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(02\)00201-4](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(02)00201-4)
- Bookstein, F., Schäfer, K., Prossinger, H., Seidler, H., Fieder, M., Stringer, C., Weber, G. W., Arsuaga, J. L., Slice, D. E., Rohlf, J., Recheis, W., Mariam, A. J., & Marcus, L. F. (1999). Comparing frontal cranial profiles in archaic and modern homo by morphometric analysis. *Anatomical Record*, 257(6), 217–224. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0185\(19991215\)257:6<217::AID-AR7>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0185(19991215)257:6<217::AID-AR7>3.0.CO;2-W)
- Bookstein, F., Strauss, R., Humphries, J. M., Chernoff, B., Elder, R. L., & Smith, G. R. (1982). A Comment upon the Uses of Fourier Methods in Systematics. *Systematic Biology*, 31(1), 85–92. <https://doi.org/10.1093/sysbio/31.1.85>
- Bouby, L. (2000). Production et consommation végétales au Bronze final dans les sites littoraux languedociens. *Bulletin de La Société Préhistorique Française*, 97(4), 583–594. <https://doi.org/10.3406/bspf.2000.11166>
- Bouby, L. (2014). *L'Agriculture dans le bassin du Rhône du Bronze Final à l'Antiquité*.
- Bouby, L., Bonhomme, V., Ivorra, S., Pastor, T., Rovira, N., Tillier, M., Pagnoux, C., & Terral, J. F. (2018). Back from burn out: are experimentally charred grapevine pips too distorted to be characterized using morphometrics? *Archaeological and Anthropological Sciences*, 10, 943–954. <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0425-x>
- Bouby, L., Figueiral, I., Bouchette, A., Rovira, N., Ivorra, S., & Lacombe, T. (2013). Bioarchaeological Insights into the Process of Domestication of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) during Roman Times in Southern France. *PLoS One*, 8(5), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063195>
- Bouby, L., & Léa, V. (2006). Exploitation de la vesce commune (*Vicia sativa* L.) au Néolithique moyen dans le Sud de la France. Données carpologiques du site de Claparouse (Lagnes, Vaucluse). *Comptes Rendus - Palevol*, 5(8), 973–980. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2006.07.007>
- Bouby, L., Leroy, F., & Carozza, L. (1999). Food plants from late Bronze age lagoon sites in Languedoc, southern France: Reconstruction of farming economy and environment. *Vegetation History and Archaeobotany*, 8(1–2), 53–69. <https://doi.org/10.1007/BF02042843>
- Bouby, L., Wales, N., Jalabadze, M., Rusishvili, N., Bonhomme, V., Ramos-Madrigal, J., Evin, A., Ivorra, S., Lacombe, T., Pagnoux, C., Boaretto, E., Gilbert, M. T. P., Bacilieri, R., Lordkipanidze, D., & Maghradze, D. (2021). Tracking the history of grapevine cultivation in Georgia by combining geometric morphometrics and ancient DNA. *Vegetation History and Archaeobotany*, 30(1), 63–76. <https://doi.org/10.1007/s00334-020-00803-0>
- Bouby, L., Zech-Matterne, V., Bouchette, A., Cabanis, M., Derreumaux, M., Dietsch-Sellami, M.-F., Durand, F., Figueiral, I., Marinval, P., Paradis, L., Pradat, B., Rousselet, O., Rovira, N., Schaal, C., Toulemonde, F., & Wiethold, J. (2017). Ressources et économie agricole en France à l'âge du Bronze et au premier âge du Fer: les données carpologiques. *L'habitat et l'occupation Des Sols à l'âge Du Bronze et Au Début Du Premier Âge Du Fer*.
- Box, M. (1961). *Leguminosas de grano*.
- Braadbaart, F. (2008). Carbonisation and morphological changes in modern dehusked and husked *Triticum dicoccum* and *Triticum aestivum* grains. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(1), 155–166. <https://doi.org/10.1007/s00334-007-0134-6>
- Braadbaart, F., Bakels, C. C., Boon, J. J., & Van Bergen, P. F. (2005). Heating experiments under anoxic conditions on varieties of wheat. *Archaeometry*, 47(1), 103–114. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2005.00190.x>
- Braadbaart, F., Boon, J. J., Veld, H., David, P., & Bergen, P. F. Van. (2004). Laboratory simulations of the transformation of peas as a result of heat treatment : changes of the physical and chemical properties. *Journal of Archaeological Science*, 31, 821–833. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.12.001>
- Braadbaart, F., & van Bergen, P. (2005). Digital imaging analysis of size and shape of wheat and pea upon heating under anoxic conditions as a function of the temperature. *Vegetation History and*

- Archaeobotany*, 14(1), 67–75. <https://doi.org/10.1007/s00334-004-0050-y>
- Braadbaart, F., Van Der Horst, J., Boon, J. J., & Van Bergen, P. F. (2004). Laboratory simulations of the transformation of emmer wheat as a result of heating. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 77(3), 957–973. <https://doi.org/10.1023/B:JTAN.0000041672.45140.e9>
- Braadbaart, F., Wright, P. J., van der Horst, J., & Boon, J. J. (2007). A laboratory simulation of the carbonization of sunflower achenes and seeds. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 78(2), 316–327. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2006.07.007>
- Brignell, C. J., Dryden, I. L., Gattone, S. A., Park, B., Leask, S., Browne, W. J., & Flynn, S. (2010). Surface shape analysis with an application to brain surface asymmetry in schizophrenia. *Biostatistics*, 11(4), 609–630. <https://doi.org/10.1093/biostatistics/kxq016>
- Brinkkemper, O., Braadbaart, F., van Os, B., van Hoesel, A., van Brussel, A. A. N., & Fernandes, R. (2018). Effectiveness of different pre-treatments in recovering pre-burial isotopic ratios of charred plants. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 32(3), 251–261. <https://doi.org/10.1002/rcm.8033>
- Bruce, T. J., Martin, J. L., Smart, L. E., & Pickett, J. A. (2011). Development of semiochemical attractants for monitoring bean seed beetle, *Bruchus rufimanus*. *Pest Management Science*, 67(10), 1303–1308. <https://doi.org/10.1002/ps.2186>
- Bruner, E. (2007). Cranial shape and size variation in human evolution: Structural and functional perspectives. *Child's Nervous System*, 23(12), 1357–1365. <https://doi.org/10.1007/s00381-007-0434-2>
- Bruner, E., Saracino, B., Ricci, F., Tafuri, M., Passarello, P., & Manzi, G. (2004). Midsagittal Cranial Shape Variation in the Genus *Homo* by Geometric Morphometrics. In *Coll. Antropol* (Vol. 28, Issue 1). Hrvatsko antropološko društvo. <http://life.bio.sunysb.edu/morph>
- Buchanan, B., O'Brien, M. J., & Collard, M. (2014). Continent-wide or region-specific? A geometric morphometrics-based assessment of variation in Clovis point shape. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 6(2), 145–162. <https://doi.org/10.1007/s12520-013-0168-x>
- Burger, P., Terral, J.-F., Ruas, M., Ivorra, S., & Picq, S. (2012). Assessing past agrobiodiversity of *Prunus avium* L. (Rosaceae): A morphometric approach focussed on the stones from the archaeological site Hôtel-Dieu (16th century, Tours, France) Assessing past agrobiodiversity of *Prunus avium* L. (Rosaceae): a. *Vegetation History and Archaeobotany*. <https://doi.org/10.1007/s00334-011-0310-6>
- Butler, E. A. (1990). *Legumes in antiquity: a micromorphological investigation of seeds of the Viciae*. <http://discovery.ucl.ac.uk/1317540/>
- Butler, E. A. (1992). Pulses agronomy: traditional systems and implications for early cultivation. In *Préhistoire de l'agriculture* (pp. 67–80).
- Butler, E. A. (1999). Traditional seed cropping systems in the temperature Old World: models for antiquity. In *The Prehistory of Food* (pp. 463–477).
- Butler, E. A. (2002a). Investigations of pod characters in the Viciae. *Vegetation History and Archaeobotany*, 11, 127–132.
- Butler, E. A. (2002b). Sustainable agriculture in a harsh environment. In *Droughts, food and culture: Ecological change and food security in Africa's later prehistory* (pp. 171–183).
- Butler, E. A. (2009). Evidence of domestication in the Old World grain legumes. In *From Foragers to Farmers: Gordon, C., Hillma* (pp. 398–415).
- Butler, E. A., Tesfay, Z., D'Andrea, C., & Lyons, D. (1997). The ethnobotany of *Lathyrus sativus* L. in the Highlands of Ethiopia. In *The Exploitation of plant Resources in Ancient Africa* (pp. 123–136).
- Buxó, R. (1991). Algunos aspectos sobre la presencia de leguminosas en el Mediterráneo peninsular: nuevos datos de investigación de restos paleocarpológicos. In *Arqueología* (pp. 101–114).
- Buxó, Ramón. (1993). *Des semences et des fruits. Cueillette et agriculture en France et en Espagne méditerranéennes du Néolithique à l'Âge du Fer*.

- Buxó, Ramón. (1997). *Arqueología de las plantas*.
- Buxó, Ramón, & Pique, R. (2000). *LA RECOGIDA DE MUESTRAS EN ARQUEOBOTÁNICA: OBJETIVOS Y PROPUESTAS METODOLÓGICAS*.
- Campbell, C. G. (1997). Grass pea, *Lathyrus sativus* L. - promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. In *Biodiversity International* (Vol. 18).
- Cantó, J., Gómez Santamaría, I., González Marín, S., & Tarrío, E. (2007). *Historia Natural. Plinio el Viejo*.
- Cappers, R. T. J., Bekker, R. M., & Jans, J. E. A. (2006). *Digitale Zadenatlas Van Nederland*.
- Cappers, R. T. J., Neef, R., & Bekker, R. M. (2009). *Digital Atlas of Economic Plants 1* (p. 517).
- Caracuta, V., Barzilai, O., Khalaily, H., Milevski, I., Paz, Y., Vardi, J., Regev, L., & Boaretto, E. (2015). The onset of faba bean farming in the Southern Levant. *Scientific Reports*, 5, 2–11. <https://doi.org/10.1038/srep14370>
- Caracuta, V., Vardi, J., Paz, Y., & Boaretto, E. (2017). Farming legumes in the pre-pottery Neolithic: New discoveries from the site of Ahihud (Israel). *PLoS ONE*, 12(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177859>
- Caracuta, V., Weinstein-Evron, M., Kaufman, D., Yeshurun, R., Silvent, J., & Boaretto, E. (2016). 14,000-year-old seeds indicate the Levantine origin of the lost progenitor of faba bean. *Scientific Reports*, 6(November), 0–6. <https://doi.org/10.1038/srep37399>
- Caracuta, V., Weiss, E., van der Brink, E., Liran, R., Vardi, J., & Barzilai, O. (2014). From Natural Environment to Human Landscape: New Archaeobotanical Data from the Neolithic Site of Nahal Zippori 3, Lower Galilee. *Neo-Lithic*, 14, 33–41.
- Cardillo, M. (2010). Some applications of geometric morphometrics to archaeology. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 124(June 2010), 325–341. https://doi.org/10.1007/978-3-540-95853-6_15
- Castiñeira, C., Cardillo, M., Charlin, J., & Baeza, J. (2011a). ANALISIS DE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA EN PUNTAS COLA DE PESCADO DEL URUGUAY. *Latin American Antiquity*, 22(3), 335–358. <http://www.jstor.org/stable/23072526>
- Castiñeira, C., Cardillo, M., Charlin, J., & Baeza, J. (2011b). Analisis de morfometría geométrica en puntas cola de pescado del Uruguay. *Latin American Antiquity*, 22(3), 335–358. <https://doi.org/10.7183/1045-6635.22.3.335>
- Castroviejo, S., Aedo, C., Cirujano, S., Laínz, M., Montserrat, P., Morales, R., Muñoz Garmendia, F., Navarro, C., Paiva, J., & Soriano, C. (eds. (2005). *Flora Ibérica Vol. VII. Leguminosae*.
- Catena Martínez, A., Trujillo Mendoza, H. M., & Ramo sAlvarez, M. M. (2003). *Análisis multivariado un manual para investigadores*.
- Cerrada García, J. (2018). *Los Doce Libros de Agricultura que escribió en Lat in Lucio Junio Moderato Columela*.
- Cervantes, E., Saadaoui, E., Tocino, Á., & Gómez, J. J. M. (2019). Seed shape quantification in the model legumes: methods and applications. *The Model Legume Medicago Truncatula*, 92–98. <https://doi.org/10.1002/9781119409144.ch10>
- Chamorro, J. G. (1994). Flotation Strategy: Method and Sampling Plant Dietary Resources of Tartessian Times at Doña Blanca. In *astillo de Doña Blanca. Archaeo-environmental investigations in the Bay of Cádiz, Spain (750-500 B.C.)*, (pp. 21-36.).
- Chandola, M., Rathore, S., & Kumar, B. (2011). Indigenous pest management practices prevalent among hill farmers of Uttarakhand. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 10(2), 311–315.
- Charles, M., Forster, E., Wallace, M., & Jones, G. (2015). “Nor ever lightning char thy grain ” : establishing archaeologically relevant charring conditions and their effect on glume wheat grain morphology. *Science and Technology of Archaeological Research*, 1–16. <https://doi.org/10.1179/2054892315Y.0000000008>

- Charlin, J., & González-José, R. (2012). Size and Shape Variation in Late Holocene Projectile Points of Southern Patagonia: A Geometric Morphometric Study. *American Antiquity*, 77(2), 221–242. <https://doi.org/10.7183/0002-7316.77.2.221>
- Chemisquy, M. A., Prevosti, F. J., & Morrone, O. (2009). Seed morphology in the tribe Chloraeae (Orchidaceae): Combining traditional and geometric morphometrics. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 160(2), 171–183. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00968.x>
- Chen, T., Wang, B., Power, R. C., & Jiang, H. (2020). The first archaeobotanical evidence of *Medicago sativa* L. in China: hay fodder for livestock. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00957-7>
- Chen, W., Basandrai, A. K., Basandrai, D., Banniza, S., Bayaa, B., Buchwaldt, L., Davidson, J., Larsen, R., Rubiales, D., & Taylor, P. W. J. (2009). Diseases and their Management. In *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pp. 262–281).
- Chernoff, M., Plttmann, U., & Klslev, M. E. (1992). Seed characters and testa texture in species of the vicieae: Their taxonomic significance. *Israel Journal of Botany*, 41(3), 167–186. <https://doi.org/10.1080/0021213X.1992.10677225>
- Chong, S. M. L., Constantino-Santos, D. M., & Cao, E. P. (2014). Pollen morphometrics of four coffee (*Coffea* sp.) varieties grown in the Philippines. *Philippine Journal of Crop Science*, 39(3), 1–7.
- Claude, J. (2008). Morphometrics with R. In *Media*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78171-6>
- Cobden, R., Clarkson, C., Price, G. J., David, B., Geneste, J. M., Delannoy, J. J., Barker, B., Lamb, L., & Gunn, R. G. (2017). The identification of extinct megafauna in rock art using geometric morphometrics: A *Genyornis newtoni* painting in Arnhem Land, northern Australia? *Journal of Archaeological Science*, 87, 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.09.013>
- Colledge, S. (2001). *Plant exploitation on Epipalaeolithic and early Neolithic sites in the Levant*. Hedges, British Archaeological Reports.
- Colominas, L., Evin, A., Burch, J., Campmajó, P., Casas, J., Castanyer, P., Carreras, C., Guardia, J., Olesti, O., Pons, E., Tremoleda, J., & Palet, J. M. (2019). Behind the steps of ancient sheep mobility in Iberia: new insights from a geometric morphometric approach. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11(9), 4971–4982. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00837-0>
- Compte Perales, J. (1984). Estudios de insectos coleópteros datadps en el inicio de la iberización y pertenecientes al poblado de Sirigurach (Alcañiz, Teruel). *Kalathos*, 3–4, 121–137.
- Cope, J. S., Corney, D., Clark, J. Y., Remagnino, P., & Wilkin, P. (2012). Plant species identification using digital morphometrics: A review. *Expert Systems with Applications*, 39(8), 7562–7573. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.073>
- Córdoba EM., C.I., G.-V., & S., N. (2016). *Guías de Cultivo, Serie Leguminosas: la Veza Común*.
- Corti, M. (1993). Geometric morphometrics: An extension of the revolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 8(8), 302–303. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90261-M](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90261-M)
- Costa, A. G. (2010). A geometric morphometric assessment of plan shape in bone and stone acheulean bifaces from the Middle Pleistocene site of Castel di Guido, Latium, Italy. In *New Perspectives on Old Stones: Analytical Approaches to Paleolithic Technologies* (pp. 23–41). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6861-6_2
- Coster, A. C. F., & Field, J. H. (2015). What starch grain is that? - A geometric morphometric approach todetermining plant species origin. *Journal of Archaeological Science*, 58, 9–25. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.03.014>
- Coster, A. C. F., & Field, J. H. (2018). *The Shape of Things to Come—Using Geometric and Morphometric Analyses to Identify Archaeological Starch Grains* (pp. 1–6). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7811-8_1
- Coulot, P., & Rabaute, P. (2020). Troisièmes compléments à la Monographie des Leguminosae de France. *Carnets Botaniques*, 31, 1–23. <https://doi.org/10.34971/MR0M-6T63>

- Coyne, C., & McGee, R. (2013). Lentil. In *Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement* (pp. 157–180). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397935-3.00007-4>
- Cubero, C., Ollich i Castanyer, I., De Rocafiguera i Espona, M., & Ocaña i Subirana, M. (2008). From the granary to the field; Archaeobotany and experimental archaeology at l'Esquerda (Catalonia, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(1), 85–92. <https://doi.org/10.1007/s00334-007-0111-0>
- Cubero, J. (1981). Lentils. In *Farnham Royal* (pp. 15–30).
- Cubero, J. I., & Suso, M. J. (1981). Primitive and modern forms of *Vicia faba*. *Die Kulturpflanze*, 29(1), 137–145. <https://doi.org/10.1007/BF02014744>
- Cubero, J., Perez de la Vega, M., & Fratini, R. (2009). Origin, phylogeny, domestication and spread. In *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pp. 13–33).
- Cubero, J.I. (1983). Parasitic diseases in *Vicia faba* L. with special referente to broomrape (*Orobanche crenata* Forsk.). In *The Faba Bean* (pp. 493–521).
- Cubero, José I. (1973). Evolutionary trends in *Vicia faba* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 43(2), 59–65. <https://doi.org/10.1007/BF00274958>
- Cubero, José I. (1974). On the evolution of *Vicia faba* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 45(2), 47–51. <https://doi.org/10.1007/BF00283475>
- Cucchi, T., Barnett, R., Martínková, N., Renaud, S., Renvoisé, E., Evin, A., Sheridan, A., Mainland, I., Wickham-Jones, C., Tougaard, C., Quéré, J. P., Pascal, M., Heckel, G., O'Higgins, P., Searle, J. B., & Dobney, K. M. (2014). The changing pace of insular life: 5000 years of microevolution in the orkney vole (*Microtus arvalis orcadensis*). *Evolution*, 68(10), 2804–2820. <https://doi.org/10.1111/evo.12476>
- Cucchi, T., Dai, L., Balasse, M., Zhao, C., Gao, J., Hu, Y., Yuan, J., & Vigne, J. D. (2016). Social complexification and pig (*Sus scrofa*) husbandry in ancient China: A combined geometric morphometric and isotopic approach. *PLoS ONE*, 11(7), 158523. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158523>
- Cucchi, T., Hulme-Beaman, A., Yuan, J., & Dobney, K. (2011). Early Neolithic pig domestication at Jiahu, Henan Province, China: Clues from molar shape analyses using geometric morphometric approaches. *Journal of Archaeological Science*, 38(1), 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.07.024>
- Cucchi, THOMAS, Auffray, J.-C., & Vigne, J. D. (2012). On the origin of the house mouse synanthropy and dispersal in the near east and europe: Zooarchaeological review and perspectives. In *Evolution of the House Mouse* (pp. 65–93). <https://doi.org/10.1017/CBO9781139044547.005>
- Cucchi, Thomas, Baylac, M., Evin, A., Bignon-Lau, O., & Vigne, J.-D. (2015). Chapitre 14. Morphométrie géométrique et archéozoologie : Concepts, méthodes et applications. In *Messages d'os Archéométrie du squelette animal et humain* (pp. 197–216).
- Cucchi, Thomas, Stopp, B., Schafberg, R., Lesur, J., Hassanin, A., & Schibler, J. (2019). Taxonomic and phylogenetic signals in bovine cheek teeth: Towards new biosystematic markers to explore the history of wild and domestic cattle. *Journal of Archaeological Science*, 109, 104993. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.104993>
- Curdy, P., Mottet, M., Nicoud, C., Baudais, D., Lundström-Baudais, & Moulin, B. (1993). Brig-Glis/Waldmatte, un habitat alpin de l'âge du Fer Fougilles archéologiques N9 en Valais. *Archäologie Der Schweiz*, 16(4), 138–151.
- Curran, S. C. (2012). Expanding ecomorphological methods: Geometric morphometric analysis of Cervidae post-crania. *Journal of Archaeological Science*, 39(4), 1172–1182. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.12.028>
- Czeikanova, Z. (1971). Review of species in the genus *Lens* Mill. (in Russian). *Novosti Sistematiki Vlijshiw Rastensii*, 8, 184–191.
- Czogiel, I. (2009). *Statistical inference for molecular shapes*. <https://core.ac.uk/download/pdf/33565321.pdf>

- D'Ambrosio, U., Garnatje, T., Gras, A., Parada, M., & Vallès, J. (2018). *Pisum sativum* L. In *Inventario Español de los Conocimientos Tradicionales Relativos a la Biodiversidad Agrícola I* (pp. 164–169).
- D'Amore, G., Di Marco, S., Tartarelli, G., Bigazzi, R., & Sineo, L. (2009). Late Pleistocene human evolution in Sicily: comparative morphometric analysis of Grotta di San Teodoro craniofacial remains. *Journal of Human Evolution*, *56*(6), 537–550. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2009.02.002>
- de Azevedo, S., Quinto-Sánchez, M., Paschetta, C., & González-José, R. (2017). The first human settlement of the New World: A closer look at craniofacial variation and evolution of early and late Holocene Native American groups. *Quaternary International*, *431*, 152–167. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.012>
- De Ron, A. M. (2015). Grain legumes. In *CRC Handbook of Tropical Food Crops*. <https://doi.org/10.1201/9781351072809>
- Del Barrio Sanz, E., Hernández Miguel, L. A., & Moure Casas, A. M. (2020). *Historia Natural. Plinio el Viejo. Libros XVI-XVIII*.
- Del Médico, A. P., & Vitelleschi, M. S. (2015). Análisis Procrustes Generalizado. *Actas: Vigésimas Jornadas "Investigaciones En La Facultad" de Ciencias Económicas y Estadística. Universidad Nacional de Rosario*. https://www.fcecon.unr.edu.ar/web-nueva/sites/default/files/u16/Decimocuartas/vitelleschi-delmedico_analisis_procrustes_generalizado.pdf
- Dennell, R. W. (1978). *Early farming in Sowh Bulgmia from the VI to the III Millenia B.C.,.*
- Depypere, L., Chaerle, P., Breyne, P., Vander Mijnsbrugge, K., & Goetghebeur, P. (2009). A combined morphometric and AFLP based diversity study challenges the taxonomy of the European members of the complex *Prunus* L. section *Prunus*. *Plant Systematics and Evolution*, *279*(1–4), 219–231. <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0158-8>
- Depypere, L., Chaerle, P., Mijnsbrugge, K. Vander, & Goetghebeur, P. (2007). Stony endocarp dimension and shape variation in *Prunus* section *Prunus*. *Annals of Botany*, *100*(7), 1585–1597. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm260>
- Díaz-Regañón López, . M. (1988). *HISTORIA DE LAS PLANTAS. Teofrasto*.
- Diloli, J., Bea, D., Sardà, S., Ferré, R., & Vilà, J. (2009). El jaciment protohistòric de l'Assut (Tivenys, Baix Ebre). Resultat de les intervencions arqueològiques efectuades durant el període 2000-2008. *Tribuna d'Arqueologia*, *2008–2009*, 285–315.
- Diloli, J., Vilà, J., Ferré, R., Cots, I., Bricio, L., & Sardà, H. (2016). La Cella (Salou, Tarragona). Un puerto comercial en el litoral cessenano. *Trabajos de Prehistoria*, *73*(2), 284–303. <https://doi.org/10.3989/tp.2016.12174>
- Drake, A. G., Coquerelle, M., Kosintsev, P. A., Bachura, O. P., Sablin, M., Gusev, A. V., Fleming, L. S., & Losey, R. J. (2017). Three-Dimensional Geometric Morphometric Analysis of Fossil Canid Mandibles and Skulls. *Scientific Reports*, *7*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10232-1>
- Dryden, I. L., Hirst, J. D., & Melville, J. L. (2007). Statistical analysis of unlabeled point sets: Comparing molecules in chemoinformatics. *Biometrics*, *63*(1), 237–251. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2006.00622.x>
- Dryden, I. L., & Mardia, K. (2016). Statistical Shape Analysis with Applications in R. In *John Wiley and Sons Ltd*. <https://doi.org/10.1006/jhev.1999.0391>
- Duc, G. (1997). Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, *53*(1–3), 99–109. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00025-7)
- Duc, Gérard, Aleksić, J. M., Marget, P., Mikić, A., Paull, J., Redden, R. J., Sass, O., Stoddard, F. L., Berg, A. V., Vishnyakova, M., & Torres, A. M. (2015). Faba Bean. In *Grain Legumes* (pp. 141–168).
- Durán, Y., & Pérez de la Vega, M. (2004). Assessment of genetic variation and species relationships in a collection of *Lens* using RAPD and ISSR. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *4*, 538–544.
- Effenberger, H. (2018). The plant economy of the Northern European Bronze Age—more diversity

- through increased trade with southern regions. *Vegetation History and Archaeobotany*, 27(1), 65–74. <https://doi.org/10.1007/s00334-017-0621-3>
- El-Matt, S. (1979). Food Legumes in Syria. In *Food Legume Improvement and Development* (pp. 85–87).
- El Fatehi, S., & Ater, M. (2017). L'orobe (*Vicia ervilia* L. Willd.) au Maroc. *Revue d'ethnoécologie, Supplément*, 2016–2020. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.3128>
- Enneking, D, Lahlou, A., Noutfia, A., & Bounejmate, M. (1995). A note on *Vicia ervilia* cultivation, utilisation and toxicity in Morocco. *Al Awamia*, 89, 141–148. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lah&AN=19970708821&site=ehost-live>
- Enneking, Dirk. (2011). The nutritive value of grasspea (*Lathyrus sativus*) and allied species, their toxicity to animals and the role of malnutrition in neurolathyrism. *Food and Chemical Toxicology*, 49(3), 694–709. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.11.029>
- Enneking, Dirk, & Tate, M. E. (2006). Global Vetch Production. *Grain Legumes*, 47, 14-15.
- Erskine, W. (1985). Perspectives in Lentil Breeding. In *Faba beans, Kabuli Chickpeas and lentils in the 1980's* (pp. 91–100).
- Erskine, W. (2009). Global Production, Supply and Demand. In *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pp. 4–12).
- Eser, D. (1979). Grain Legume Production in Turkey. In *Food Legume Improvement and Development* (pp. 71–74).
- Evin, A., Bonhomme, V., & Claude, J. (2020). Optimizing digitalization effort in morphometrics. *Biology Methods and Protocols*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1093/biomet/bpaa023>
- Evin, A., Cucchi, T., Cardini, A., Strand Vidarsdottir, U., Larson, G., & Dobney, K. (2013). The long and winding road: Identifying pig domestication through molar size and shape. *Journal of Archaeological Science*, 40(1), 735–743. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.08.005>
- Evin, A., Flink, L. G., Bălășescu, A., Popovici, D., Andreescu, R., Bailey, D., Mirea, P., Lazăr, C., Boroneanț, A., Bonsall, C., Vidarsdottir, U. S., Brehard, S., Tresset, A., Cucchi, T., Larson, G., & Dobney, K. (2015). Unravelling the complexity of domestication: A case study using morphometrics and ancient DNA analyses of archaeological pigs from Romania. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1660). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0616>
- Evin, A., Souter, T., Hulme-Beaman, A., Ameen, C., Allen, R., Viacava, P., Larson, G., Cucchi, T., & Dobney, K. (2016). The use of close-range photogrammetry in zooarchaeology: Creating accurate 3D models of wolf crania to study dog domestication. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 9, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.06.028>
- Fedchenko, A. B. (1948). *Vicia* L. In In: *Shishkin B.K., Bobrov E. G. (eds.) Flora of the USSR 13* (pp. 406–475.).
- Felsenstein, J. (2002). Chapter 3 Quantitative characters, phylogenies and morphometrics. In *Morphology, shape and phylogeny* (pp. 27–44). <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=boKw9qt6AucC&oi=fnd&pg=PA27&dq=Quantitative+characters,+phylogenies,+and+morphometrics&ots=pqPMO48xDW&sig=8T3KsC8OFC-XkBw0XHRSiTr4i5A>
- Ferguson, M. E., Maxted, N., Slageren, M. Van, & Robertson, L. D. (2000). A re-assessment of the taxonomy of *Lens* Mill. (Leguminosae, Papilionoideae, Viciaeae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 133(1), 41–59. <https://doi.org/10.1006/bojl.1999.0319>
- Fernandez, A., Sheaffer, C., Tautges, N., Putnam, D., & Hunter, M. (2019). *Alfalfa, Wildlife & the Environment*.
- Ferrio, J., Alonso, N., Voltas, J., & Araus, J. L. (2004). Estimating grain weight in archaeological cereal crops: a quantitative approach for comparison with current conditions. *Journal of Archaeological Science*, 31(11), 1635–1642. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.04.006>

- Ferrio, J. P., Alonso, N., López, J. B., Araus, J. L., & Voltas, J. (2006). Carbon isotope composition of fossil charcoal reveals aridity changes in the NW Mediterranean Basin. *Global Change Biology*, 12(7), 1253–1266. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01170.x>
- Ferrio, J. P., Alonso, N., Voltas, J., Buxó, R., & Araus, J. L. (2006). Clima i condicions de conreu en els orígens de l'agricultura mediterrània: evidències a partir de la composició isotòpica del carboni en restes arqueobotàniques. *Cota Zero*, 21, 54–62.
- Ferrio, Juan P., Araus, J. L., Buxó, R., Voltas, J., & Bort, J. (2005). Water management practices and climate in ancient agriculture: Inferences from the stable isotope composition of archaeobotanical remains. *Vegetation History and Archaeobotany*, 14(4), 510–517. <https://doi.org/10.1007/s00334-005-0062-2>
- Filatova, S., Gyulai, F., & Kirleis, W. (2019). Environmental imposition or an ancient farmers' choice? A study of the presence of “inferior” legumes in the Bronze Age Carpathian Basin (Hungary) Sidestone Press. In *HOW'S LIFE? Living Conditions in the 2nd and 1st Millennia BCE* (Issue September).
- Fink, W. L., & Zelditch, M. L. (1995). Phylogenetic analysis of ontogenetic shape transformations: A reassessment of the piranha genus *Pygocentrus* (teleostei). *Systematic Biology*, 44(3), 343–360. <https://doi.org/10.1093/sysbio/44.3.343>
- Firatligil-Durmuş, E., Šárka, E., & Bubník, Z. (2008). Image vision technology for the characterisation of shape and geometrical properties of two varieties of lentil grown in Turkey. *Czech Journal of Food Sciences*, 26(2), 109–116. <https://doi.org/10.17221/1/2008-cjfs>
- Fischer, A. (1938). Die geographischen Grundlagen der Züchtungsforschung bei der Gattung *Vicia*. *Der Züchter*, 10(2), 51-56.
- Flint-Hamilton, K. B. (1999). Legumes in Ancient Greece and Rome, Food, Medicine or Poison? *HESPERIA*, 68(3), 371–385.
- Fouad, M., Mohammed, N., Aladdin, H., Ahmed, A., Xuxiao, Z., Shiyang, B., & Tao, Y. (2013). Faba Bean. In *Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement* (pp. 113–136). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397935-3.00005-0>
- Franco Jubete, F. (1991). *Los Titarros. El cultivo de Lathyrus en Castilla y León*.
- Franco Jubete, F. (1999). Futuro de las leguminosas de grano en el período 2000-2006. *Vida Rural*, 90, 30–32.
- Franklin, D., & Cardini, A. (2007). Mandibular morphology as an indicator of human subadult age: Interlandmark approaches. *Journal of Forensic Sciences*, 52(5), 1015–1019. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00522.x>
- Franklin, D., Oxnard, C. E., O'Higgins, P., & Dadour, I. (2007). Sexual dimorphism in the subadult mandible: Quantification using geometric morphometrics. *Journal of Forensic Sciences*, 52(1), 6–10. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00311.x>
- Frigau, L., Antoch, J., Bacchetta, G., Sarigu, M., Uccesu, M., Zaratín Alves, C., & Mola, F. (2020). A statistical approach to the morphological classification of *Prunus* sp. seeds. *Plant Biosystems*, 0(0), 000. <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1701126>
- Fuller, D. Q. (2007). Contrasting Patterns in Crop Domestication and Domestication Rates: Recent Archaeobotanical Insights from the Old World. *Annals of Botany*, 100(5), 903–924. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm048>
- Fuller, D. Q. (2018). Long and attenuated: comparative trends in the domestication of tree fruits. *Vegetation History and Archaeobotany*, 27(1), 165–176. <https://doi.org/10.1007/s00334-017-0659-2>
- Fuller, D. Q., & Allaby, R. (2009). Seed Dispersal and Crop Domestication: Shattering, Germination and Seasonality in Evolution under Cultivation. In *Fruit Development and Seed Dispersal*. <https://doi.org/10.1002/9781444314557.ch7>
- Fuller, D. Q., Asouti, E., & Purugganan, M. D. (2012). Cultivation as slow evolutionary entanglement: Comparative data on rate and sequence of domestication. *Vegetation History and Archaeobotany*,

- 21(2), 131–145. <https://doi.org/10.1007/s00334-011-0329-8>
- Gaillard, E.-M. (1997). *Les blés de l'été, 3: au temps des aires*.
- Galán, E., Tello, E., Cussó, X., & Olarieta, J. R. (2012). Métodos de fertilización y balance de nutrientes en la agricultura orgánica tradicional de la biorregion mediterránea: Cataluña (España) en la década de 1860. *Revista Historia*, 65, 95–119.
- Galland, M. (2015). Le premier peuplement des Amériques : application de la morphométrie géométrique 3D à la variation crânienne actuelle et fossile. *Bulletins et Memoires de La Societe d'Anthropologie de Paris*, 27(3–4), 189–201. <https://doi.org/10.1007/s13219-015-0134-5>
- Galland, Manon, & Friess, M. (2016). A three-dimensional geometric morphometrics view of the cranial shape variation and population history in the New World. *American Journal of Human Biology : The Official Journal of the Human Biology Council*, 28(5), 646–661. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22845>
- García-Granero, J. J., Arias-Martorell, J., Madella, M., & Lancelotti, C. (2016). Geometric morphometric analysis of *Setaria italica* (L.) P. Beauv. (foxtail millet) and *Brachiaria ramosa* (L.) Stapf. (browntop millet) and its implications for understanding the biogeography of small millets. *Vegetation History and Archaeobotany*, 25(3), 303–310. <https://doi.org/10.1007/s00334-015-0541-z>
- García-Toraño Martínez, A. (2012). *Tratado de Agricultura. Catón el Censor*.
- García, F. J., & Munilla, G. (2000). Los Graneros Sobreelevados en el Mediterráneo Occidental. In *Monografía del MAC-Girona 18* (pp. 339–349).
- García Labrador, T. (2011). Consideraciones en torno al tabú de las habas en la Antigüedad. In *Lógos hellenikós: homenaje al profesor Gaspar Morocho Gayo* (pp. 591–600). <http://buleria.unileon.es/handle/10612/985>
- García, M., Varela, R., Reyes, N., Prado, F., & González, J. (2011). Análisis exploratorio de características morfométricas del polen de 15 variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) aplicando componentes principales. *Lilloa*, 48(1), 11–16.
- García Pérez, A. (2005). *Métodos avanzados de estadística aplicada avanzadas*.
- García Rubert, D. (2011). Nuevas aportaciones al estudio de los patrones de asentamiento en el nordeste de la península ibérica durante la primera edad del hierro. El caso del complejo sant jaume. *Trabajos de Prehistoria*, 68(2), 331–352. <https://doi.org/10.3989/tp.2011.11073>
- Garfinkel I.; Vogel, J.C., Y. . C. (1987). Dating of Horsebean and Lentil Seeds from the Pre-Pottery Neolithic B Village of Yiftah'el. *Israel Exploration Journal*, 37(1), 40–42.
- Gassin, B., Nuno, F. B., Bouby, L., Buxo i Capdevila, R., Carvalho, A. F., Conte, I. C., Gibaja Bao, J. F., González Urquijo, J. E., & Ibáñez Estévez, J. J. (2010). VARIABILITÉ DES TECHNIQUES DE RÉCOLTE ET TRAITEMENT DES CÉRÉALES DANS L ' OCCIDENT MÉDITERRANÉEN AU NÉOLITHIQUE ANCIEN ET MOYEN : In *Economie et société à la fin de le préhistoire*. (pp. 1–19).
- Gharaibeh, W. S., Rohlf, F. J., Slice, D. E., & DeLisi, L. E. (2000). A geometric morphometric assessment of change in midline brain structural shape following a first episode of schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 48(5), 398–405. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(00\)00916-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(00)00916-1)
- Giardina, C. R., & Kuhl, F. P. (1977). ACCURACY OF CURVE APPROXIMATION BY HARMONICALLY RELATED VECTORS WITH ELLIPTICAL LOCI. *Comput Graphics Image Process*, 6(3), 277–285. [https://doi.org/10.1016/S0146-664X\(77\)80029-4](https://doi.org/10.1016/S0146-664X(77)80029-4)
- Gómez Valdés, J., Bautista Martínez, J., & Romano Pachecho, A. (2007). Morfometría geométrica aplicada al estudio de la deformación cefálica intencional. *Estudios de Antropología Biológica*, XIII, 117–134.
- Gonzalez, P. N., Bernal, V., & Perez, S. I. (2011). Analysis of sexual dimorphism of craniofacial traits using geometric morphometric techniques. *International Journal of Osteoarchaeology*, 21(1), 82–91. <https://doi.org/10.1002/oa.1109>

- Gonzalez, Paula N., Bernal, V., & Perez, S. I. (2009). Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis. *Forensic Science International*, 189(1–3), 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.04.012>
- Gonzalez Perez, C. (1992). *Los horreos gallegos*.
- Goodall, C. (1991). Procrustes Methods in the Statistical Analysis of Shape. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 53(2), 285–321. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1991.tb01825.x>
- Gorgas García, J., CardielLópez, N., & Zamaroano Calvo, J. (2011). *Estadística Básica Para estudiantes de ciencias*.
- Govorov, L. I. (1937). Kulturnaya Flora SSSR T.IV. In *Kulturnaya Flora SSSR* (pp. 229–336).
- Green, H. (2010). A geometric morphometric approach to cranial variation of southeast Asians in a global context. *Before Farming*, 2010(3), 1–14. <https://doi.org/10.3828/bfarm.2010.3.1>
- Grillo, O., Miceli, C., & Venora, G. (2011). Computerised image analysis applied to inspection of vetch seeds for varietal identification. *Seed Science and Technology*, 39(2), 490–500. <https://doi.org/10.15258/sst.2011.39.2.20>
- Gros-Balthazard, M., Newton, C., Ivorra, S., Pierre, M. H., Pintaud, J. C., & Terral, J. F. (2016). The domestication syndrome in Phoenix dactylifera seeds: Toward the identification of wild date palm populations. *PLoS ONE*, 11(3), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152394>
- Grusak, M. A. (2009). Nutritional and Health-beneficial Quality. In *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pp. 368–390).
- Guàrdia, M., & Francés, J. (2017). Les estructures de l'edat del bronze de la Plana del Castell – Parc de l'Alba (Cerdanyola del Vallès, Barcelona). *Revista d'arqueologia de Ponent*, 27, 81–115. <https://doi.org/10.21001/rap.2017.27.4>
- Guarino, C., & Sciarrillo, R. (2004). Carbonized seeds in a protohistoric house: results of hearth and house experiments. *Vegetation History and Archaeobotany*, 13(1), 65–70. <https://doi.org/10.1007/s00334-003-0026-3>
- Gunn, C. R., Skrdla, W. H., & Spencer, H. C. (1978). *Classification of Medicago sativa L. using legume characters and flower colors*.
- Häberle, S., Schäfer, M., Soteras, R., & Hajdas, I. (2022). Small Animals, Big Impact? Early Farmers and Pre- and Post-Harvest Pests from the Middle Neolithic Site of Les Bagnoles in the South-East of France (L'Isle-sur-la-Sorgue, Vaucluse, Provence-Alpes-Côte-d'Azur). *Animals*, 12, 1511. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ani12121511>
- Haddad, N. I., Salkini, A. B., Jagatheeswaran, P., & Snobar, B. A. (1988). Methods of Haversting pulses crops. In *World crops: Cool season food legumes*. (pp. 342–350).
- Halstead, P., & Jones, G. (1989). Agrarian ecology in the Greek islands: time stress, scale and risk. *Journal of Hellenic Studies*, 109, 41–55.
- Halstead, Paul. (2014). Two Oxen Ahead. In *Two Oxen Ahead*. <https://doi.org/10.1002/9781118819333>
- Hanson, C. H. (Ed. . (1972). *Alfalfa science and technology*.
- Hanbury, C. D., Siddique, K. H. M., Galwey, N. W., & Cocks, P. S. (1999). Genotype-environment interaction for seed yield and ODAP concentration of Lathyrus sativus L. and L. cicera L. in Mediterranean-type environments. *Euphytica*, 110(3), 45–60. <https://doi.org/10.1023/A>
- Hanelt, P. (1972). Vicia Faba. *Kulturpflanz*, 20, 75–128.
- Hanelt, P., & Mettin, D. (1989). Biosystematics of the genus Vicia L.(Leguminosae). *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20(1989), 199–223. <http://www.jstor.org/stable/2097090>
- Hanot, P., Guintard, C., Lepetz, S., & Cornette, R. (2017). Identifying domestic horses, donkeys and hybrids from archaeological deposits: A 3D morphological investigation on skeletons. *Journal of*

- Archaeological Science*, 78, 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.12.002>
- Hanot, P., Herrel, A., Guintard, C., & Cornette, R. (2017). Morphological integration in the appendicular skeleton of two domestic taxa: The horse and donkey. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1864). <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.1241>
- Harker, K. N., Blackshaw, R. E., & Clayton, G. W. (2001). Timing Weed Removal in Field Pea (*Pisum sativum*). *Weed Technology*, 15(2), 277–283. [https://doi.org/10.1614/0890-037x\(2001\)015\[0277:twrifp\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1614/0890-037x(2001)015[0277:twrifp]2.0.co;2)
- Harris, H. (1979). Some Aspects of the Agroclimatology of West Asia and North Africa. In *Food Legume Improvement and Development* (pp. 7–14).
- Harris, H., & Pala, M. (1987). Tillage and Stubble Management Effect on Soil Conservation, Crop Establishment and Yield, and Economics of Production. In *Farm Resource Management* (pp. 47–50).
- Hart, J. P. (2021). The effects of charring on common bean (*Phaseolus vulgaris* L) seed morphology and strength. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 37, 102996. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102996>
- Hartman, S. E. (1989). Stereophotogrammetric analysis of occlusal morphology of extant hominoid molars: Phenetics and function. *American Journal of Physical Anthropology*, 80(2), 145–166. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330800203>
- Haruda, A. F. (2017). Separating Sheep (*Ovis aries* L.) and Goats (*Capra hircus* L.) Using Geometric Morphometric Methods: An Investigation of Astragalus Morphology from Late and Final Bronze Age Central Asian Contexts. *International Journal of Osteoarchaeology*, 27(4), 551–562. <https://doi.org/10.1002/oa.2576>
- Haruda, A. F., Varfolomeev, V., Goriachev, A., Yermolayeva, A., & Outram, A. K. (2019). A new zooarchaeological application for geometric morphometric methods: Distinguishing *Ovis aries* morphotypes to address connectivity and mobility of prehistoric Central Asian pastoralists. *Journal of Archaeological Science*, 107, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.05.002>
- Hastorf, C. (1988). The use of Paleoethnobotanical Data in Prehistoric studies of crop production, processing and consumption. In *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains* (pp. 119–144).
- Hastorf, C., Whitehead, T. W., & Johannessen, S. (2005). LATE PREHISTORIC WOOD USE IN AN ANDEAN INTERMONTANE VALLEY. *Economic Botany*, 59(4), 337–355.
- Heer, O. (1866). Treatise on the plants of the lake dwellings. In *The lake Dwellings of Switzerland and other parts of Europe* (pp. 518–536).
- Heinz, C., Ruas, M., & Vaquer, J. (1992). La grotte de l'abeurador (Félmésminervois, hérault): Paléoécologie d'après l'anthracologie et la carpologie. *Bulletin de La Societe Botanique de France. Actualites Botaniques*, 139(2–4), 465–482. <https://doi.org/10.1080/01811789.1992.10827121>
- Helbæk, H. (1952). Preserved apples and panicum in the prehistoric site at Nørre Sandegaard in Bornholm. *Acta Archaeologica*, 23, 107–115.
- Helmer, D., & Gourichon, L. (2017). The fauna of Tell Aswad (Damascus, Syria), early Neolithic levels. Comparison with northern and southern Levant sites. *International Council of Archaeozoology (ICAZ) Proceedings of the 9th Conference of the ASWA (AA) Working Group Archaeozoology of SouthWest Asia and Adjacent Areas*, 23–39.
- Henríquez-Valido, P., Morales, J., Vidal-Matutano, P., Santana-Cabrera, J., & Rodríguez Rodríguez, A. (2019). Arqueoentomología y arqueobotánica de los espacios de almacenamiento a largo plazo: el granero de Risco Pintado, Temisas (Gran Canaria). *Trabajos de Prehistoria*, 76(1), 120. <https://doi.org/10.3989/tp.2019.12229>
- Hillman, G. (1984). Traditional Husbandry and Processing of Archaic Cereals in Modern Times: Part I, the Glume- W heats. *Bulletin on Sumerian Agriculture*, 1(114–152).
- Hillman, G. (1985). Traditional husbandry and processing of archaic cereals in recent times: the

- operations, products and equipment that might feature in Sumerian texts. Part II: the free-threshing cereals. . 2., *Bulletin on Sumerian Agriculture*, 2, 1–32.
- Hillman, G. C. (1981). Reconstructing Crop Husbandry Practices from Charred Remains of Crops. In *Farming Practice in British Prehistory* (pp. 123–162).
- Hillocks, R. J., & Maruthi, M. N. (2012). Grass pea (*Lathyrus sativus*): Is there a case for further crop improvement? *Euphytica*, 186(3), 647–654. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0702-4>
- Hopf, M. (1972). Vegetales prehistóricos de la comarca de Requena (Valencia). *Archivo de Prehistoria Levantina*, 13, 51–55.
- Horne, J., & Bailey, P. (1991). *Bruchus pisorum* L. (Coleoptera, Bruchidae) control by a knockdown pyrethroid in field peas. *Crop Protection*, 10(1), 53–56. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(91\)90026-N](https://doi.org/10.1016/0261-2194(91)90026-N)
- Howells, W. W. (1989). Skull Shapes and the Map : Craniometric Analyses in the Dispersion of Modern Homo. *Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*, 79, 1–189. <https://ci.nii.ac.jp/naid/10011217723>
- Hubbard, R. N. L. B., & Clapham, A. (1992). Quantifying macroscopic plant remains. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 73(1–4), 117–132. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(92\)90050-Q](https://doi.org/10.1016/0034-6667(92)90050-Q)
- Hutchinson, J. (1964). *The genera of flowering plants. Dicotylédones. Vol. 1.*
- Iovita, R., & McPherron, S. P. (2011). The handaxe reloaded: A morphometric reassessment of Acheulian and Middle Paleolithic handaxes. *Journal of Human Evolution*, 61(1), 61–74. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2011.02.007>
- Jackson, M. T., & Yunus, A. G. (1984). Variation in the grass pea (*Lathyrus sativus* L.) and wild species. *Euphytica*, 33(2), 549–559. <https://doi.org/10.1007/BF00021156>
- Jacomet, S, Kučan, D., Ritter, A., Suter, G., & Hagendorn, A. (2002). *Punica granatum* L. (pomegranates) from early Roman contexts in Vindonissa (Switzerland). *Vegetation History and Archaeobotany*, 11(1–2), 79–92.
- Jacomet, Stefanie. (2006a). Identification of cereal remains from archaeological sites. *Unpublished Manuscript*. <http://arkeobotanika.pbworks.com/f/Jacomet+cereal+ID.pdf>
- Jacomet, Stefanie. (2006b). Plant economy of the northern Alpine lake dwellings - 3500-2400 cal. BC. *Environmental Archaeology*, 11(1), 65–85. <https://doi.org/10.1179/174963106x97061>
- Jacomet, Stefanie. (2007). Neolithic plant economies in the northern Alpine Foreland from 5500-3500 cal BC. In *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe* (p. 462).
- Jacomet, Stefanie. (2009). Plant economy and village life in Neolithic lake dwellings at the time of the Alpine Iceman. *Vegetation History and Archaeobotany*, 18(1), 47–59. <https://doi.org/10.1007/s00334-007-0138-2>
- Jaramillo, N. (2011). Morfometría geométrica : principios teóricos y métodos de empleo . In *Fronteras de investigación en enfermedades infecciosas. Modelo enfermedad de Chagas* (pp. 69–87).
- Jardé, A. (1979a). *Les céréales dans l'Antiquité Grecque. La production.*
- Jardé, A. (1979b). *Les céréales dans l'Antiquité Grecque. La production.*
- Javadi, F., & Yamaguchi, H. (2004). Interspecific relationships of the genus *Cicer* L. (Fabaceae) based on trnT-F sequences. *Theoretical and Applied Genetics*, 109(2), 317–322. <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1622-z>
- Jensen, E. S., Peoples, M. B., & Hauggaard-Nielsen, H. (2010). Faba bean in cropping systems. *Field Crops Research*, 115(3), 203–216. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.10.008>
- Jesus, A., Bonhomme, V., Evin, A., Ivorra, S., Soteras, R., Salavert, A., Antolín, F., & Bouby, L. (2021). A morphometric approach to track opium poppy domestication. *Scientific Reports*, 11(1), 9778. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88964-4>

- Jiménez-Manchón, S., Cáceres, I., Valenzuela-Lamas, S., López, D., & Gardeisen, A. (2020). Can bone surface modifications help to identify livestock pens? The case of the Iron Age settlement of El Turó de la Font de la Canya (Barcelona, Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12(6). <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01068-4>
- Johácz, S. (2019). A New Method in Attribution? Attempts of the Employment of Geometric Morphometrics in the Attribution of Late Archaic Attic Lekythoi. *Dissertationes Archaeologicae*, 371–418. <https://doi.org/10.17204/dissarch.2018.371>
- Jones, G. (1983). *The use of Ethnographic and Ecological Models in the Interpretation of Archaeological Plant Remains*.
- Jones, G. (1984). Interpretation of Archaeological Plant Remains: Ethnographic Models from Greece. In *Plants and ancient man* (pp. 43–61).
- Jones, G., Bogaard, A., Halstead, P., Charles, M., & Smith, H. (1999). Identifying the intensity of crop husbandry practices on the basis of weed floras. *The Annual of the British School at Athens*, 94, 167–189.
- Jones, G., Wardle, K. A., Halstead, P. L. J., & Wardle, D. (1986). Crop storage at Assiros. *Scientific American*, 254(3), 966103.
- Jones, Glynis. (1990). The application of present-day cereal processing studies to charred archaeobotanical remains. *Circaea*, 6(2), 91–96.
- Jones, Glynis. (1992a). Ancient and modern cultivation of lathyrus ochrus (l.) dc. in the greek islands. *The Annual of the British School at Athens*, 87, 211–217. <https://doi.org/10.1017/S0068245400015124>
- Jones, Glynis. (1992b). Weed phytosociology and crop husbandry: identifying a contrast between ancient and modern practice. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 73(1–4), 133–143. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(92\)90051-H](https://doi.org/10.1016/0034-6667(92)90051-H)
- Jones, M. K. (1991). Sampling in palaeoethnobotany. In *Progress in Old World Palaeoethnobotany* (pp. 53–62).
- Kaluszynski, M., & Bertillon, M. K. A. (1987). Alphonse Bertillon et l'anthropométrie. In *Identification, contrôle et surveillance des personnes* (pp. 269–285). Ed. Creaphis. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00343215>
- Kanstrup, M., Thomsen, I. K., Mikkelsen, P. H., & Christensen, B. T. (2012). Impact of charring on cereal grain characteristics: Linking prehistoric manuring practice to $\delta^{15}\text{N}$ signatures in archaeobotanical material. *Journal of Archaeological Science*, 39(7), 2533–2540. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.03.007>
- Kearney, J. P., & Smartt, J. (1995). The grasspea *Lathyrus sativus* (Leguminosae- Papilionoideae). In *J. Smartt & N. W. Simmonds (Eds.), Evolution of crop plants* (pp. 266–270).
- Kendall, D. (1977). The diffusion of shape. *Advances in Applied Probability*, 9(3), 428–430. <https://doi.org/10.2307/1426091>
- Kendall, D. (1981). The statistics of shape. In *Interpreting multivariate data* (pp. 75–80).
- Kendall, D. (1983). The shape of Poisson-Delaunay triangles. In *Studies in Probability and Related Topics* (eds M. C. Demetrescu and M. Iosifescu) (pp. 321–330).
- Kendall, D. (1984). Shape manifolds, procrustean metrics, and complex projective spaces. *Bulletin of the London Mathematical Society*, 16(2), 81–121. <https://doi.org/10.1112/blms/16.2.81>
- Kendall, D. (1989). A Survey of the Statistical Theory of Shape. *Statistical Science*, 4(2), 97–120. <https://www.jstor.org/stable/2245331?seq=1>
- Kent, J. (1994). The Complex Bingham Distribution and Shape Analysis. *Journal of the Royal Statistical Society*, 56(2), 285–299.
- Kent, J. T., Dryden, I. L., & Anderson, C. R. (2000). Using circulant symmetry to model featureless objects. *Biometrika*, 87(3), 527–544. <https://doi.org/10.1093/biomet/87.3.527>

- Khayrallah, W. E. (1981). The mechanization of lentil harvesting. In *Lentils. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas* (pp. 131–141).
- Kiliç, K., Boyacı, I. H., Köksel, H., & Küsmenoglu, I. (2007). A classification system for beans using computer vision system and artificial neural networks. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 897–904. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.030>
- Kirkbride, J. H., Gunn, Charles, J., & Weitzman, A. . (2003). *Fruits and Seeds of Genera in the Subfamily Faboideae (Fabaceae) Fruits and Seeds of Genera in the Subfamily Faboideae (Fabaceae) Volume I: Vol. I* (Issue 1890).
- Kislev, M. E., Artzy, M., & Marcus, E. (2014). Import of an Aegean Food Plant to a Middle Bronze IIA Coastal Site in Israel. *Levant*, 25(1), 145–154. <https://doi.org/10.1179/lev.1993.25.1.145>
- Kislev, M. E., & Bar-Yosef, O. (1988). The Legumes: The Earliest Domesticated Plants in the Near East? *Current Anthropology*, 29(1), 175–179.
- Kislev, M.E., & Rosenzweig, S. (1989). Influence of experimental charring on seed dimensions of pulses. *Acta Interdisciplinaria Archaeologica*, 7, 143–157.
- Kislev, M E. (1989). Origins of the Cultivation of Lathyrus Sativus and Lathyrus Cicera (Fabaceae). *Economic Botany*, 43(2), 262–270. <https://doi.org/10.1007/bf02859868>
- Kislev, Mordechai E, Melamed, Y., & Langsam, Y. (2018). Plant remains from Tel Batash. In *Timnah (Tel Batsh) III: The finds from the second Millenium BCE* (Issue January 2006, pp. 295–310).
- Klein, L. L., & Svoboda, H. T. (2017). Comprehensive Methods for Leaf Geometric Morphometric Analyses. *Iss*, 7. <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.2269>
- Klingenberg, C. P. (2013). Cranial integration and modularity: Insights into evolution and development from morphometric data. *Hystrix*, 24(1), 43–58. <https://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6367>
- Klingenberg, C. P., & Leamy, L. J. (2001). Quantitative genetics of geometric shape in the mouse mandible. *Evolution*, 55(11), 2342–2352. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2001.tb00747.x>
- Kluyver, T. A., Charles, M., Jones, G., Rees, M., & Osborne, C. P. (2013). Did greater burial depth increase the seed size of domesticated legumes? *Journal of Experimental Botany*, 64(13), 4101–4108. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert304>
- Kosterin, O. E. (2017). Abyssinian pea (*Lathyrus schaeferi* Kosterin nom. nov. pro *Pisum abyssinicum* A. Br.) is a problematic taxon. *Acta Biologica Sibirica*, 3(3), 97–110. <https://doi.org/10.18699/VJ17.234>
- Kovacevich, B. (2001). La economía en el reino clásico de Cancuen: Evidencia de producción, especialización e inter-cambio. *XV Simposio de ...*, 2001(Figura 2), 333–349. <http://asociaciontikal.com/pdf/26.01 - Kovacevich - en PDF.pdf>
- Kramer, C. (1982). Village ethnoarchaeology: Rural Iran in archaeological perspective. In *Journal of Archaeological Science*. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(85\)90061-5](https://doi.org/10.1016/0305-4403(85)90061-5)
- Kuhl, F. P., & Giardina, C. R. (1982). Elliptic Fourier features of a closed contour. *Computer Graphics and Image Processing*, 18(3), 236–258. [https://doi.org/10.1016/0146-664X\(82\)90034-X](https://doi.org/10.1016/0146-664X(82)90034-X)
- Kuijt, I., & Finlayson, B. (2009). Evidence for food storage and predomestication granaries 11,000 years ago in the Jordan Valley. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(27), 10966–70.
- Kulemeyer, C., Asbahr, K., Gunz, P., Frahnert, S., & Bairlein, F. (2009). Functional morphology and integration of corvid skulls a 3D geometric morphometric approach. *Frontiers in Zoology*, 6(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-6-2>
- Kumar, Shiv, Gupta, P., Barpete, S., Sarker, A., Amri, A., Mathur, P. N., & Baum, M. (2013). Grass Pea. In *Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement* (Issue 1951, pp. 269–292). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397935-3.00011-6>
- Kumar, Sushil, & Patel, S. (2015). Insect-pest complex on *Pisum sativum* L. and their natural enemies at Pantnagar. *Journal of Plant Development*, 7(11), 839–841.

- Kuo, Y. -H, Bau, H. -M, Quemener, B., Khan, J. K., & Lambein, F. (1995). Solid-state fermentation of *Lathyrus sativus* seeds using *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oligosporus* sp T-3 to eliminate the neurotoxin β -ODAP without loss of nutritional value. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69(1), 81–89. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740690113>
- Kupicha, F. K. (1976). The infrageneric structure of *Vicia*. *Notes of the Royal Botanical Garden of Edinburgh*, 34, 287–326 ST-The infrageneric structure of *Vicia*.
- Ladizinsky, G. (1975). On the origin of the broad bean, *Vicia faba* L. *Israel Journal of Botany/Botanica*, 24, 80–88.
- Ladizinsky, G. (1993). Wild lentils. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 12(3), 169–184. <https://doi.org/10.1080/07352689309701900>
- Ladizinsky, G. (1997). A new species of *Lens* from south-east Turkey. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 123(3), 257–260. <https://doi.org/10.1006/bojl.1996.0081>
- Ladizinsky, G. ., Braun, D. ., Goshen, D. ., & Muehlbauer, F. . J. . (1984). The Biological Species of the Genus *Lens*. *Botanical Gazette*, 145(2), 253–261.
- Ladizinsky, G., & Sarker, D. (1982). Morphological and cytogenetical characterization of *Vicia montbretii* Fisch. & Mey. (Synonym: *Lens montbretii* (Fisch. & Mey.) Davis & Plitmann. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 85(3), 209–212.
- Lahoud, R., Mustafa, M., & Shehadeh, M. (1979). Food Legume Food Production and Improvement in Lebanon. In *Food Legume Improvement and Development* (pp. 69–70).
- Lal, S. (1985). Lentil. An Ideal Pulse Crop for Dryland Farming. *Indian Farming*, 35, 23–24.
- Larbi, A., Abd El-Moneim, A. M., Nakkoul, H., Jammal, B., & Hassan, S. (2011). Intra-species variations in yield and quality determinants in *Vicia* species: 1. Bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). *Animal Feed Science and Technology*, 165(3–4), 278–287. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.09.004>
- Lele, S. R., & Richtsmeier, J. T. (2001). *An Invariant Approach to the Statistical Analysis of Shapes*.
- Lemasurier, L. S., Panozzo, J. F., & Walker, C. K. (2014). A digital image analysis method for assessment of lentil size traits. *Journal of Food Engineering*, 128, 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.12.018>
- Lesins, K. A., & Lesins, I. (1979). *Genus Medicago (Leguminosae) A taxogenetic study*.
- Lesins, K., & Gillies, C. B. (1972). Taxonomy and cytogenetics of medicago. In *Alfalfa Science and Technology* (pp. 53–86). <https://doi.org/10.2134/agronmonogr15.c3>
- Limier, B., Ivorra, S., Bouby, L., Figueiral, I., Chabal, L., Cabanis, M., Ater, M., Lacombe, T., Ros, J., Brémond, L., & Terral, J. F. (2018). Documenting the history of the grapevine and viticulture: A quantitative eco-anatomical perspective applied to modern and archaeological charcoal. *Journal of Archaeological Science*, 100(March), 45–61. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.10.001>
- Liuti, T., & Dixon, P. M. (2020). The use of the geometric morphometric method to illustrate shape difference in the skulls of different-aged horses. *Veterinary Research Communications*, 44(3–4), 137–145. <https://doi.org/10.1007/s11259-020-09779-8>
- López-Cachero, F. (2007). Sociedad y economía durante el Bronce Final y la primera Edad del Hierro en el Noreste Peninsular: una aproximación a partir de las evidencias arqueológicas. *Trabajos de Prehistoria*, 64, 99–120.
- López-Dóriga, I. L. (2015). An experimental approach to the taphonomic study of charred hazelnut remains in archaeological deposits. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 7(1), 39–45. <https://doi.org/10.1007/s12520-013-0154-3>
- López, Dani. (2006). L'EXPLORACIÓ DELS RECURSOS VEGETALS AL JACIMENT IBÈRIC DE LES MALESES: PRIMERS RESULTATS DE L'ESTUDI ARQUEOBOTÀNIC DE LES LLAVORS I FRUITS. *Monte Catano*, 8, 41–70.
- López, Dani, Buxó, R., Garcia i Rubert, D., & Moreno, I. (2011). Noves aportacions sobre agricultura i

- alimentació durant la primera edat del ferro a Catalunya: dades de l'assentament de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). *Pyrenae*, 42(1), 77–118.
- López, Daniel, Asensio, D., Jornet, R., & Morera, J. (2015). *La Font de la Canya. Guia arqueològica. Jaciment de la Font de la Canya. Avinyonet del Penedès. Un centre de mercaderies a la Cossetània ibèrica origen de la vinya.*
- López Estupiñán, L. (2016). LA CRONOFOTOGRAFÍA Y LA MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA COMO TÉCNICAS ANALÍTICAS SECUENCIALES DEL SITIO ARQUEOLÓGICO HUACA DE LA LUNA, MOCHE, PERÚ. *Maguaré*, 30(1), 187–210.
- López i Melción, J. B. (2000). *L'Evolució del Poblament Protohistòric a la Plana Occidental Catalana.*
- López Melción, J. B. (2000a). *L'Evolució dek poblament Protohistòric a la Plana Occidental Catalana.*
- López Melción, J. B. (2000b). *L'EVOLUCIÓ DEL POBLAMENT PROTOHISTORIC A LA PLANA OCCIDENTAL CATALANA.*
- Lull, V., Micó Pérez, R., Rihuete Herrada, C., & Risch, R. (2010). Las relaciones políticas y económicas de El Argar. *Menga: Revista de Prehistoria de Andalucía*, 1, 11–36.
- Lycett, S. J., Cramon-Taubadel, N. von, & Gowlett, J. A. J. (2010). A comparative 3D geometric morphometric analysis of Victoria West cores: implications for the origins of Levallois technology. *Journal of Archaeological Science*, 37(5), 1110–1117. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.12.011>
- Lycett, S. J., von Cramon-Taubadel, N., & Foley, R. A. (2006). A crossbeam co-ordinate caliper for the morphometric analysis of lithic nuclei: A description, test and empirical examples of application. *Journal of Archaeological Science*, 33(6), 847–861. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.10.014>
- Maghradze, D., Aslanishvili, A., Mdinaradze, I., Tkemaladze, D., Mekhuzla, L., Lordkipanidze, D., Jalabadze, M., Kvavadze, E., Rusishvili, N., MCGovern, P., This, P., Bacilieri, R., Failla, O., Cola, G., Mariani, L., Toffolatti, S. L., De Lorenzis, G., Bianco, P. A., Quaglino, F., ... Davitashvili, L. (2019). Progress for research of grape and wine culture in Georgia, the South Caucasus. *41st World Congress of Vine and Wine*, 1–10. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191203003>
- Mahler-Slasky, Y., & Kislev, M. E. (2010). Lathyrus consumption in late Bronze and iron age sites in Israel: an Aegean affinity. *Journal of Archaeological Science*, 37(10), 2477–2485. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.05.008>
- Mallet, C., Cornette, R., & Guadelli, J. L. (2019). Morphometrical distinction between sheep (*Ovis aries*) and goat (*Capra hircus*) using the petrosal bone: Application on French Protohistoric sites. *International Journal of Osteoarchaeology*, 29(4), 525–537. <https://doi.org/10.1002/oa.2749>
- Manríquez, G., Moraga, M., Santoro, C., Aspillaga, E., Arriaza, B. T., & Rothhammer, F. (2011). MORPHOMETRIC AND mtDNA ANALYSES OF ARCHAIC SKELETAL REMAINS FROM SOUTHWESTERN SOUTH AMERICA. *Chungara, Revista de Antropología Chilena*, 43(2), 283–292.
- Mardia, K. (2013). Some Aspects of Geometry Driven Statistical Models. *Proceedings of LASR 2013 (Eds K. V. Mardia, A. Gusnanto, A. D. Riley and J. Voss)*, 21–29.
- Mardia, K., Edwards, R., & Puri, M. L. (1977). Analysis of Central Place Theory. *Bulletin of the International Statistical Institute*, 47, 93–110.
- Mareković, S., & Šoštarić, R. (2016). A comparison of the influences of flotation and wet sieving on certain carbonized legume and cereal remains. *Acta Botanica Croatica*, 75(1), 144–148. <https://doi.org/10.1515/botcro-2016-0019>
- Margaritis, E., Pagnoux, C., Bouby, L., Bonhomme, V., Ivorra, S., Tsirtsis, K., & Terral, J.-F. (2021). Hellenistic grape and olive diversity: A case study from rural estates in Greece. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 38(January), 102842. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102842>
- Margaritis, Evi, & Jones, M. (2008). Crop processing of *Olea europaea* L.: An experimental approach for the interpretation of archaeobotanical olive remains. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(4), 381–392. <https://doi.org/10.1007/s00334-007-0122-x>

- Marinova, E., van der Valk, J. M. A., Valamoti, S. M., & Bretschneider, J. (2011). An experimental approach for tracing olive processing residues in the archaeobotanical record, with preliminary examples from Tell Tweini, Syria. *Vegetation History and Archaeobotany*, 20(5), 471–478. <https://doi.org/10.1007/s00334-011-0298-y>
- Marinval, P. (1991). L'economia de subsistència a França durant el Mesolític i el Neolític antic: les aportacions de la carpologia. *Cota Zero: Revista d'arqueologia i Ciència*, 7, 88–95.
- Marinval, Philippe. (1988). *L'alimentation végétale en France*.
- Marinval, Philippe. (1986). Dercouvertes et utilisations des gaines de *Lathyrus sativus* et *Lathyrus cicera* en France du Mesolithique (9000 B.c.) Jusqu'au Moyen-Age (1300 A.O.). In *Lathyrus and lathyrism*. (pp. 39–45).
- Marinval, Philippe. (1992). Approche carpologique de la néolithisation du sud de la France. In *Préhistoire de l'agriculture* (pp. 255–264).
- Märkle, T., & Rösch, M. (2008). Experiments on the effects of carbonization on some cultivated plant seeds. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(SUPPL. 1), 257–263. <https://doi.org/10.1007/s00334-008-0165-7>
- Materne, M., & Siddique, K. H. M. (2009). Agroecology and Crop Adaptation. In *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pp. 47–63).
- Maxted, N., & Bennett, S. J. (2001). *Plant Genetic Resources of Legumes in the Mediterranean*.
- Maxted, N. F. L. S. (1993). A phenetic investigation of *Vicia* L. subgenus *Vicia* (Leguminosae, Viciaeae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 111(2), 155–182.
- Medawar, P. B. (1944). The shape of a human being as a function of time. *Proceedings Of the Royal Society Of London*, 133–142.
- Melero Bravo, E., De-Los-Mozos Pascual, M., López-Bellido, L., Castillo-García, J. E., & López-Bellido, F. J. (2003). El yero como alternativa. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 854, 598–603.
- Michaud, R., Lehman, W.F., Rumbaugh, M. D. (1988). World distribution and historical development. In: Alfalfa and Alfalfa Improvement. *Agronomy Monograph*, 29, no.29.
- Miguel Gascón, E., Buxeda, J., & Madrid i Fernández, M. (2018). Archaeological Automatic Interpretation and Documentation of Ceramics archAIDE. *Quarhis: Quaderns d'Arqueologia i Història de La Ciutat de Barcelona*, 14, 187–188.
- Mikić, A. M. (2015). The first attested extraction of ancient DNA in legumes (Fabaceae). *Frontiers in Plant Science*, 6, 1006. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01006>
- Milanesi, C., Costantini, L., Firmati, M., Antonucci, F., Faleri, C., Buracchi, A., & Cresti, M. (2014). Geometric Morphometry and Archaeobotany: Characterisation of Grape Seeds (*Vitis vinifera* L.) by Analysis of Form. *OALib*, 01(03), 1–6. <https://doi.org/10.4236/oalib.1100634>
- Milanesi, C., Sorbi, A., Paolucci, E., Antonucci, F., Menesatti, P., Costa, C., Pallottino, F., Vignani, R., Cimato, A., Ciacci, A., & Cresti, M. (2011). Pomology observations, morphometric analysis, ultrastructural study and allelic profiles of “olivastra Seggianese” endocarps from ancient olive trees (*Olea europaea* L.). *Comptes Rendus - Biologies*, 334(1), 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2010.11.006>
- Millán, T., Madrid, E., Cubero, J. I., Amri, M., Castro, P., & Rubio, J. (2015). Chickpea. In *Grain Legumes* (pp. 85–109).
- Miller, N. F. (1988). Ratios in Palaeoethnobotany Analysis. In *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains* (pp. 72–85).
- Miller, N. F., & Enneking, D. (2014). Bitter Vetch (*Vicia ervilia*) Ancient Medicinal Crop and Farmers' Favorite for Feeding Livestock. In *New Lives for Ancient and Extinct Crops* (pp. 254–268).
- Mohapatra, D., Kar, A., & Giri, S. K. (2015). Insect Pest Management in Stored Pulses: an Overview. *Food and Bioprocess Technology*, 8(2), 239–265. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1399-2>

- Montes Moya, E. (2011). AGRICULTURA DEL III Y II MILENIO ANE EN LA COMARCA DE LA LOMA (JAÉN): DATOS CARPOLÓGICOS DE LAS ERAS DEL ALCÁZAR (ÚBEDA) Y. *Menga: Revista de Prehistoria de Andalucía*, 02, 87–107. http://www.turismodeubeda.es/phocadownload/eras_carpologico.pdf
- Montes Moya, E. (2014). *TESIS DOCTORAL ANDALUCÍA A TRAVÉS DE LOS ANÁLISIS CARPOLÓGICOS (Desde la Prehistoria Reciente al S. II d . n . e .)*.
- Montes Moya, E. (2015). La agricultura y la gestión de los recursos vegetales en el oppidum de Puente Tablas. In *Jaén, Tierra Íbera: 40 años de investigación y transferencia* (pp. 127–136).
- Mora González, A. (2017). *IRRIGACIÓN Y SECANO EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL (III- I MILENIO A.N.E): UN ESTUDIO ISOTÓPICO*.
- Moreno, M., & Cubero, J. (1978). Variation in *Cicer arietinum*. *Euphytica*, 27, 465–485.
- Moricca, C., Bouby, L., Bonhomme, V., Ivorra, S., Pérez-Jordà, G., Nigro, L., Spagnoli, F., Peña-Chocarro, L., van Dommelen, P., & Sadori, L. (2021). Grapes and vines of the Phoenicians: Morphometric analyses of pips from modern varieties and Iron Age archaeological sites in the Western Mediterranean. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 37, 102991. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102991>
- Mossé, C. (1980). *Le travail en Grèce et à Rome, Que sais-je?*
- Muehlbauer, F. J., & Cubero, J.I. Summerfield, R. . (1985). Lentil (*Lens culinaris Medic.*). In *Grain Legume Crops. Crops*. (pp. 266–311).
- Muehlbauer, F. J., Cubero, J., & Summerfield, R. J. (1985). Lentil. In *Grain Legume Crop* (pp. 266–311).
- Muller, M. H., Poncet, C., Prospero, J. M., Santoni, S., & Ronfort, J. (2006). Domestication history in the *Medicago sativa* species complex: Inferences from nuclear sequence polymorphism. *Molecular Ecology*, 15(6), 1589–1602. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.02851.x>
- Muratova, V. (1931). Common beans (*Vicia faba*). *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plants Breeding*, 50, 1–285.
- Nadal Moyano, S., Fernández-Aparicio Ruiz, M., María Córdoba Jiménez, E., & González-Verdejo, C. I. (2020). *Guía de Cultivo de la Almorta*. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/cfce4075-b1d9-4fc6-ab1c-cc01f8644449>
- Nassib, A. M., Sakar, D., Solh, M., & Salik, F. (1988). Production of Cool Season Food Legumes in West Asia and North Africa. In *World Crops: Cool Season Food Legumes*. (pp. 1081–1094).
- Nelson, E., Hall, J., Randolph-Quinney, P., & Sinclair, A. (2017). Beyond size: The potential of a geometric morphometric analysis of shape and form for the assessment of sex in hand stencils in rock art. *Journal of Archaeological Science*, 78, 202–213. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.11.001>
- Nesbitt, M. (2006). *Near Eastern Grass Seeds (Atlas)* (p. 129).
- Newton, C., Lorre, C., Sauvage, C., Ivorra, S., & Terral, J.-F. (2014). On the origins and spread of *Olea europaea* L. (olive) domestication: evidence for shape variation of olive stones at Ugarit, Late Bronze Age, Syria—a window on the Mediterranean Basin and on the westward diffusion of olive varieties. *Vegetation History and Archaeobotany*, 23(5), 567–575. <https://doi.org/10.1007/s00334-013-0412-4>
- Newton, C., Terral, J. F., & Ivorra, S. (2006). The Egyptian olive (*Olea europaea* subsp. *europaea*) in the later first millennium BC: Origins and history using the morphometric analysis of olive stones. *Antiquity*, 80(308), 405–414. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00093716>
- Nguyen, V., Riley, S., Nagel, S., Fisk, I., & Searle, I. (2020). Common Vetch : a drought tolerant , high protein neglected leguminous crop with potential as a sustainable food source. *Frontiers*, 101101.
- Nielsen, J., & Olrik, D. C. (2001). A morphometric analysis of *Prunus spinosa*, *P. Domestica* ssp. *Insititia*, and their putative hybrids in Denmark. *Nordic Journal of Botany*, 21(4), 349–363. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2001.tb00778.x>

- Nieto-Espinet, A., Valenzuela-Lamas, S., Bosch, D., & Gardeisen, A. (2020a). Livestock production, politics and trade: A glimpse from Iron Age and Roman Languedoc. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 30(June 2019), 102077. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102077>
- Nieto-Espinet, A., Valenzuela-Lamas, S., Bosch, D., & Gardeisen, A. (2020b). Livestock production, politics and trade: A glimpse from Iron Age and Roman Languedoc. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 30(January), 102077. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102077>
- Nieto Espinet, A. I., Huet, T., Trentacoste, A., Guimarães, S. I., Orengo, H., & Valenzuela-Lamas, S. I. (2021). Resilience and livestock adaptations to demographic growth and technological change: A diachronic perspective from the Late Bronze Age to Late Antiquity in NE Iberia. *PLOS ONE*, 16(2), e0246201. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246201>
- O'Higgins, P. (1989). Developments in cranial morphometrics. *Folia Primatologica; International Journal of Primatology*, 53(1–4), 101–124. <https://doi.org/10.1159/000156411>
- O'Higgins, PAUL, & Jones, N. (1998). Facial growth in *Cercocebus torquatus*: an application of three-dimensional geometric morphometric techniques to the study of morphological variation. *Journal of Anatomy*, 193(2), 251–272. <https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.1998.19320251.x>
- Obradovic, D. (2020). Storage practice and problems with pest in the Late Neolithic: Two examples from te Central Balkans. In *Animal Husbandry and Hunting in the Central and Western Balkans Through Time* (p. 218).
- Okabe, A., Boots, B., Sugihara, K., & Chiu, S. N. (200 C.E.). Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams. In *Wiley Series in Probability and Statistics* (pp. 290–305).
- Okumura, M., & Araujo, A. G. M. (2019). Archaeology, biology, and borrowing: A critical examination of Geometric Morphometrics in Archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 101, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.09.015>
- Omar, G. I., Saqer, M. M., & Adwan, G. M. (2019). Phylogenetic Relationship among Some species of the Genera Lens, Vicia, Lathyrus and Pisum (Leguminosae) in Palestine. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 12(3), 289–296.
- Orrù, M., Grillo, O., Lovicu, G., Venora, G., & Bacchetta, G. (2013). Morphological characterisation of *Vitis vinifera* L. seeds by image analysis and comparison with archaeological remains. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22(3), 231–242. <https://doi.org/10.1007/s00334-012-0362-2>
- Orrù, M., Grillo, O., Venora, G., & Bacchetta, G. (2012). Computer vision as a method complementary to molecular analysis: Grapevine cultivar seeds case study. *Comptes Rendus - Biologies*, 335(9), 602–615. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2012.08.002>
- Orrù, M., Grillo, O., Venora, G., & Bacchetta, G. (2015). Seed morpho-colorimetric analysis by computer vision: A helpful tool to identify grapevine (*Vitis vinifera*L.) cultivars. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(3), 508–519. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12153>
- Ottoni, C., Girdland Flink, L., Evin, A., Geörg, C., De Cupere, B., Van Neer, W., Bartosiewicz, L., Linderholm, A., Barnett, R., Peters, J., Decorte, R., Waelkens, M., Vanderheyden, N., Ricaut, F. X., Çakırlar, C., Çevik, Ö., Hoelzel, A. R., Mashkour, M., Mohaseb Karimlu, A. F., ... Larson, G. (2013). Pig domestication and human-mediated dispersal in western eurasia revealed through ancient DNA and geometric morphometrics. *Molecular Biology and Evolution*, 30(4), 824–832. <https://doi.org/10.1093/molbev/mss261>
- Owen, J., Dobney, K., Evin, A., Cucchi, T., Larson, G., & Strand Vidarsdottir, U. (2014). The zooarchaeological application of quantifying cranial shape differences in wild boar and domestic pigs (*Sus scrofa*) using 3D geometric morphometrics. *Journal of Archaeological Science*, 43(1), 159–167. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.12.010>
- Oxnard, C., & O'Higgins, P. (2009). Biology Clearly Needs Morphometrics. Does Morphometrics Need Biology? *Biological Theory*, 4(1), 84–97. <https://doi.org/10.1162/biot.2009.4.1.84>
- Pagnoux, C., Bouby, L., Ivorra, S., Petit, C., Valamoti, S. M., Pastor, T., Picq, S., & Terral, J. F. (2015). Inferring the agrobiodiversity of *Vitis vinifera* L. (grapevine) in ancient Greece by comparative shape analysis of archaeological and modern seeds. *Vegetation History and Archaeobotany*, 24(1),

- 75–84. <https://doi.org/10.1007/s00334-014-0482-y>
- Pagnoux, C., Bouby, L., Valamoti, S. M., Bonhomme, V., Ivorra, S., Gkatzogia, E., Karathanou, A., Kotsachristou, D., Kroll, H., & Terral, J.-F. (2021). Local domestication or diffusion? Insights into viticulture in Greece from Neolithic to Archaic times, using geometric morphometric analyses of archaeological grape seeds. *Journal of Archaeological Science*, *125*, 105263. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105263>
- Palmer, C. (1999). Whose land is it anyway? An historical examination of land tenure and agriculture in northern Jordan. In *The Prehistory of Food* (pp. 288–305).
- Panagiotakopulu, E., & Buckland, P. C. (2018). Early invaders: farmers, the granary weevil and other uninvited guests in the Neolithic. *Biological Invasions*, *20*(1), 219–233. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1528-8>
- Papazian, J. (1983). Lentil harvesting. *Lens Newsletter*, *10*(2), 1–6.
- Papendick, R. I., Chowdhury, S. L., & Johansen, C. (1988). Managing systems for increasing productivity of pulses in dryland agriculture. In *World crops: Cool season food legumes. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture, vol 5* (pp. 237–255).
- Parés-Casanova, P. M., & Domènech-Domènech, X. (2021). A comparative analysis of sphenoid bone between domestic sheep (*ovis aries*) and goat (*capra hircus*) using geometric morphometrics. *Journal of Veterinary Medicine Series C: Anatomia Histologia Embryologia*, *50*(3), 556–561. <https://doi.org/10.1111/ah.12661>
- Pascual, J. (2015). Silos, fosas y fosos. El poblamiento al aire libre en el valle del Serpis entre mediados del IV y finales del III milenio. *Cocentaina. Arqueología y Museo : Museos Municipales En El MARQ*.
- Pearsall, D. (2000). *Paleoethnobotany: a handbook of procedures*.
- Pearson, K. (1926). On the Coefficient of Racial Likeness. *Biometrika*, *18*(1/2), 105. <https://doi.org/10.2307/2332498>
- Pécreaux, D. (2010). Potentialités de l'entomologie appliquée aux sites archéologiques subaquatiques. L'exemple du Bronze final du Lac du Bourget (Savoie, France). *Bull. De La Société Préhistorique Française*, *107*, 156–157.
- Peña-Chocarro, L. (1995). *Prehistoric agriculture in southern Spain during the Neolithic and the Bronze Age; The application of ethnographic models*.
- Peña-Chocarro, Leonor. (1999). *Prehistoric agriculture In Southern Spain during the Neolithic and the Bronze Age: The application of ethnographic models*.
- Peña-Chocarro, Leonor, Pérez-Jordà, G., Morales-Mateos, J., & Zapata, L. (2015). Storage in traditional farming communities of the western Mediterranean : Ethnographic , historical and archaeological data. *Environmental Archaeology*, *20*(4), 379–389. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1179/1749631415Y.0000000004>
- Peña-Chocarro, Leonor, Pérez-Jordà, G., & Morales, J. (2018). Crops of the first farming communities in the Iberian Peninsula. *Quaternary International*, *470*, 369–382. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.06.002>
- Peña-Chocarro, Leonor, Pérez-Jordà, G., Morales Mateos, J., & Vera Rodríguez, J. C. (2013). ...Y llegaron los agricultores, agricultura y recolección en el occidente del Mediterráneo. *Menga: Revista de Prehistoria de Andalucía*, *04*, 15–34.
- Peña-Chocarro, Leonor, & Zapata, L. (1999). *Lathyrus sativus* en Euskal Herria. *Isturitz: Cuadernos de Prehistoria- ...*, *10*, 279–285. <http://digital.csic.es/handle/10261/37580>
- Peña-Chocarro, Leonor, & Zapata, L. (2010). Neolithic agriculture in southwestern mediterranean region. In *Os últimos caçadores-recolectores e as primeiras comunidades produtoras do sul da Península Ibérica e do norte de Marrocos produtoras do sul da Península Ibérica ...*. http://www.academia.edu/download/30567878/Pena_y_Zapata_10_Faro_SW_Medit_Neol_agricult_ure.pdf

- Peña Chocarro, L., & Zapata, L. (1999). History and traditional cultivation of *Lathyrus sativus* L. and *Lathyrus cicera* L. in the Iberian peninsula. *Vegetation History and Archaeobotany*, 8, 49–52. <https://doi.org/10.1007/BF02042842>
- Peñaloza, E., Osorio, M., Salvo-G, H., & Caligari, P. D. S. (2006). Common Vetch (*Vicia sativa* ssp. *sativa*): Feed or Future Food? *Grain Legumes: The Magazine of the European Association for Grain Legume Research*, 47, 25–26. http://www.ias.csic.es/grainlegumesmagazine/Grain_Legumes_issue_47.pdf
- Perea, F., Castilla, A., Basallote, E., Canseco, E., Delgado, M., & Pasadas, R. (2015). *Guía del cultivo de habas*.
- Perez-Andueza, G., de Los Mozos-Pascual, M., & Portillo-Rubio, M. (2004). Main pests of lentil (*Lens culinaris* Medikus) in Castilla La Mancha (Central Spain): crop losses and influence on yield parameters. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 30, 763–772.
- Pérez-Jordà, G. (2013). *La agricultura en el País Valenciano entre el VI y el I milenio a. C.*
- Pérez-Jordà, G., Alonso, N., Rovira, N., Figueiral, I., López-Reyes, D., Marínval, P., Montes, E., Peña-Chocarro, L., Pinaud-Querrac'h, R., Ros, J., Tarongi, M., Tillier, M., & Bouby, L. (2021). The Emergence of Arboriculture in the 1st Millennium BC Along the Mediterranean's "Far West." *Agronomy*, 11(5), 902. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050902>
- Pérez-Jordà, G., Peña-Chocarro, L., García Fernández, M., & Vera Rodríguez, J. C. (2017). The beginnings of fruit tree cultivation in the Iberian Peninsula: plant remains from the city of Huelva (southern Spain). *Vegetation History and Archaeobotany*, 26(5), 527–538. <https://doi.org/10.1007/s00334-017-0610-6>
- Pérez-Jordà, G., Peña-Chocarro, L., & Morales Mateos, J. (2011). AGRICULTURA NEOLÍTICA EN ANDALUCÍA : SEMILLAS Y FRUTOS. *Menga: Revista de Prehistoria de Andalucía*, 2, 58–236.
- Picin, A., Vaquero, M., Weniger, G. C., & Carbonell, E. (2014). Flake morphologies and patterns of core configuration at the Abric Romaní rock-shelter: A geometric morphometric approach. *Quaternary International*, 350, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.05.004>
- Pinaud-Querrac'h, R. (2015). *AGRICULTURE ET ALIMENTATION VEGETALE DANS LA VALLEE DU RHONE AUX VI ème ET V ème SIECLES AV. J.-C. : ETUDE CARPOLOGIQUE DU MOURRE DE SEVE (SORGUES, VAUCLUSE), PREMIERS RESULTATS Volumen II et III.*
- Pinaud-Querrac'h, R. (2021). *Agriculture et alimentation végétale en Languedoc durant la Protohistoire (IXème-IIIème s. av. n. è.) Affinités culturelles et réseaux d'échanges.*
- Pinhasi, R., & von Cramon-Taubadel, N. (2009). Craniometric data supports demic diffusion model for the spread of agriculture into Europe. *PLoS ONE*, 4(8), e6747. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006747>
- Pinkas, R., Zamir, D., & Ladizinsky, G. (1985). Allozyme divergence and evolution in the genus *Lens*. *Plant Systematics and Evolution*, 151(1), 131–140.
- Pires, A. E., Detry, C., Fernandez-Rodriguez, C., Valenzuela-Lamas, S., Arruda, A. M., De Grossi Mazzorin, J., Ollivier, M., Hänni, C., Simões, F., & Ginja, C. (2018). Roman dogs from the Iberian Peninsula and the Maghreb – A glimpse into their morphology and genetics. *Quaternary International*, 471(December), 132–146. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.11.044>
- Polhill, R. M., & Van der Maesen, L. J. G. (1985). Taxonomy of grain legumes. In *Grain Legume Crop* (p. 847).
- Popper, V. S. (1988). Selecting Quantitative Measurements in Paleoethnobotany. In *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains* (pp. 53–71).
- Popper, V. S., & Hastorf, C. A. (1988). *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains.*
- Portillo, M., Ball, T. B., Wallace, M., Murphy, C., Pérez-Díaz, S., Ruiz-Alonso, M., Aceituno, F. J., & López-Sáez, J. A. (2020). Advances in Morphometrics in Archaeobotany. *Environmental*

- Archaeology*, 25(2), 246–256. <https://doi.org/10.1080/14614103.2019.1569351>
- Poveda, A. (1995). El Monastil: del oppidum ibérico a la civitas hispanorromana de Ello. *XXIII Congreso Nacional de Arqueología (Elche, 1995)*, 415–426.
- Prats Ferrando, G. (2017). *L'emmagatzematge en sitja entre el neolític i l'època ibèrica (del VI al I mil·lenni ANE). Aproximació socioeconòmica a les comunitats del nord-est de la Península Ibèrica*.
- Prats, G. (2022). *L'Emmagatzematge en sitja entre el Neolític i l'Època Ibèrica (del VI al I mil·lenni ANE)*.
- Prats, G., Antolín, F., & Alonso, N. (2020). Household storage, surplus and supra-household storage in prehistoric and protohistoric societies of the Western Mediterranean. *PLOS ONE*, 15(9), e0238237. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238237>
- PREMOLI, A. C. (1996). Leaf architecture of South American Nothofagus (Nothofagaceae) using traditional and new methods in morphometrics. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 121(1), 25–40. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1996.tb00743.x>
- Prosperi, J., Jenczewski, E., Muller, M., Sampoux, J., Ronfort, J., Prospero, J., Jenczewski, E., Muller, M., Fourtier, S., Sampoux, J., Prospero, J., Jenczewski, E., Muller, M., & Fourtier, S. (2014). Alfalfa domestication history, genetic diversity and genetic resources. *Legume Perspectives*, 4, 13–14.
- Pundir, R., Rao, N., & Van Der Maesen, L. (1985). Distribution of qualitative traits in the world germplasm of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 34, 697–698.
- Purdy, B. a., Jones, K. S., Mecholsky, J. J., Bourne, G., Hulbert, R. C., MacFadden, B. J., Church, K. L., Warren, M. W., Jorstad, T. F., Stanford, D. J., Wachowiak, M. J., & Speakman, R. J. (2011). Earliest art in the Americas: incised image of a proboscidean on a mineralized extinct animal bone from Vero Beach, Florida. *Journal of Archaeological Science*, 38(11), 2908–2913. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.05.022>
- Quiros, C. F., & Bauchan, G. R. (1988). The Genus *Medicago* and the Origin of the *Medicago sativa* Complex. In *Alfalfa and Alfalfa Improvement* (pp. 93–124).
- R Core Team. (2021). *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Rahmawati, L. U., Purwanti, E., Budiyanto, M. A. K., Zaenab, S., Susetyarini, R. E., & Permana, T. I. (2019). Identification of Pollen Grains Morphology and Morphometry in Liliaceae. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 276(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/276/1/012031>
- Rao, C., & Suryawanshi, S. (1998). Statistical analysis of shape through triangulation of landmarks: A study of sexual dimorphism in hominids. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(8), 4121–4125. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.8.4121>
- Rassam, A., & Tully, D. (1986). Aspects of Agricultural Labor in Northwestern Syria. In *Farming Systems Program* (pp. 133–141).
- Recasens, J. (2000). *Botànica agrícola. Plantes útils i males herbes*.
- Reddy, S. B. (2006). Indigenous technical knowledge on pulses storage and processing practices in Andhra Pradesh. *Indian Journal Traditional Knowledge*, 5(January), 87–94.
- Reyment, R. (2010). Morphometrics: An Historical Essay. In *Morphometrics for Nonmorphometricians* (pp. 9–24).
- Reynolds, P. J. (1988). *Arqueologia experimental, Una perspectiva de futurp*.
- Rodríguez, A., Allué, E., & Buxó, R. (2016). Agriculture and livestock economy among prehistoric herders based on plant macro-remains from El Mirador (Atapuerca, Burgos). *Quaternary International*, 414, 272–284. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.01.045>
- Rohlf, J. (1990). Morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21, 299–316. <https://www.jstor.org/stable/2097027?seq=1>

- Rohlf, J. (1999). Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *Journal of Classification*, 16(2), 197–223. <https://doi.org/10.1007/s003579900054>
- Rohlf, J., & Archie, J. (1984). A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Diptera: culicidae). *Syst. Zool.*, 33(3), 302–317.
- Rohlf, J., & Marcus, F. L. (1993). A Revolution in Morphometrics. *TREE*, 8(4), 129–132. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90024-J](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90024-J)
- Rohlf, J., & Slice, D. E. (1990). Extensions of the procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Zoology*, 39(1), 40–59. <https://doi.org/10.2307/2992207>
- Romero Requena, J. M. (2007). Favismo: una entidad a tener en cuenta en la zona mediterránea. *Situaciones Clínicas*, 33(7), 380–383.
- Ros, J. (2020). *2000 ans d'agriculture en Roussillon*.
- Ros, J., Evin, A., Bouby, L., & Ruas, M. (2014). Geometric morphometric analysis of grain shape and the identification of two-rowed barley (*Hordeum vulgare* subsp. *distichum* L.) in southern France. *Journal of Archaeological Science*, 41, 568–575. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.09.015>
- Ros, J., Terral, J.-F., Ruas, M.-P., Ivorra, S., Limier, B., Ater, M., Paradis, L., Ettahiri, A. S., Fili, A., & Van Staëvel, J.-P. (2021). Understanding anatomical plasticity of Argan wood features at local geographical scale in ecological and archaeobotanical perspectives. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90286-4>
- Roselló Valera, R. L., Pérez Morales, I. P., & Recarey Morfa, C. A. (2017). Caracterización y evaluación sistémica de empaquetamientos de partículas como conjuntos iniciales para simulaciones con elementos discretos. *Revista Cubana de Ingeniería*, 8(2), 35–46. [https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/download/637/pdf#:~:text=El diámetro de Feret%2C al,partícula \(figura 2 b](https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/download/637/pdf#:~:text=El diámetro de Feret%2C al,partícula (figura 2 b)
- Rosenzweig, S. (1977). *The influence of artificial carbonization on the dimensions of pulse seeds. Master's degree in the department of Life Sciences, Barilan University, Ramat-Gan, Israel.*
- Rottenberg, A. (2020). The origin of *Vicia faba* (Fabaceae): a quest of five decades. *Fl. Medit.*, 30(December), 365–368.
- Rouy, & Foucaud. (1899). Flore de France 5. In *Flore de France* 5 (p. 258).
- Rovira, N. (2007). *Agricultura y Gestión de los recursos vegetales en el sureste de la Península Ibérica durante la Prehistoria reciente*.
- Ruas, M., & Bouby, L. (2009). Agriculture en montagne cerdane au Bronze final : les données carpologiques de Llo-Lo Lladre (Pyrénées-Orientales). In *De Méditerranée et d'ailleurs... Mélanges offerts à Jean Guilaine* (pp. 639–660).
- Ruas, M. P., Bouby, L., & Campmajo, P. (2009). Agriculture en montagne Cerdane au Bronze final : les données carpologiques de Llo-Lo Lladre (Pyrénées-Orientales). In *De Méditerranée et d'ailleurs... Mélanges offerts à Jean Guilaine* (pp. 103–132). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835149>
- Rüber, L., & Adams, D. C. (2001). Evolutionary convergence of body shape and trophic morphology in cichlids from Lake Tanganyika. *Journal of Evolutionary Biology*, 14(2), 325–332. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2001.00269.x>
- Sabato, D., Esteras, C., Grillo, O., Peña-Chocarro, L., Leida, C., Uccesu, M., Usai, A., Bacchetta, G., & Picó, B. (2017). Molecular and morphological characterisation of the oldest *Cucumis melo* L. seeds found in the Western Mediterranean Basin. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2000, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s12520-017-0560-z>
- Sabato, D., Esteras, C., Grillo, O., Picó, B., & Bacchetta, G. (2015). Seeds morpho-colourimetric analysis as complementary method to molecular characterization of melon diversity. *Scientia Horticulturae*, 192, 441–452. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.06.006>
- Sabato, D., & Peña-Chocarro, L. (2021). *Maris Nostri Novus Atlas: Seeds and fruits from the*

Mediterranean Basin.

- Şakiroğlu, M., & İlhan, D. (2021). *Medicago sativa* species complex: Revisiting the century-old problem in the light of molecular tools. *Crop Science*, 61(2), 827–838. <https://doi.org/10.1002/csc.2.20316>
- Sallon, S., Cherif, E., Chabrilange, N., Solowey, E., Gros-balthazard, M., Ivorra, S., Terral, J.-F., Egli, M., & Aberlenc, F. (2020). Origins and insights into the historic Judean date palm based on germinated ancient seeds and morphometric analysis. *Science Advances*, February, 1–11.
- Salomon-Ferrer, R., Case, D. A., & Walker, R. C. (2013). An overview of the Amber biomolecular simulation package. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 3(2), 198–210. <https://doi.org/10.1002/wcms.1121>
- Sanmartí, J. (2004). From local groups to early states: the development of complexity in protohistoric Catalonia. *Pyrenae: Revista de Prehistòria i Antiguitat de La Mediterrània Occidental*, 33–34(1), 7–42.
- Sanmartí J, S. J. (2005). *Els ibers del Nord*.
- Sarpaki, A. (1992a). A Palaeoethnobotanical Study of the West House, Akrotiri, Thera. *The Annual of the British School at Athens*, 87, 219–230.
- Sarpaki, A. (1992b). The Paleoethnobotanical Approach: The Mediterranean Triad or is it a Quartet? In *Agriculture in Ancient Greece: Proceedings of the Seventh International Symposium at the Swedish Institute at Athens, 16-17 May 1990* (pp. 61–76).
- Sarpaki, A. (2001). Processed cereals and pulses from the late bronze age site of akrotiri, thera; preparations prior to consumption: A preliminary approach to their study. *Annual of the British School at Athens*, 96(2), 27–40. <https://doi.org/10.1017/S0068245400005219>
- Sarpaki, A., & Jones, G. (1990). Ancient and modern cultivation of *lathyrus clymenum* L. in the greek islands. *The Annual of the British School at Athens*, 85(September 2013), 363–368. <https://doi.org/10.1017/S0068245400015720>
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology and Evolution*, 3(3), 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
- Saxena, M. C. (1979). Some Agronomic and Physiological Aspects of the Important Food legumes crop in Wester Asia. In *Food Legume Improvement and Development* (pp. 155–165).
- Saxena, M. C. (1981). Agronomy of Lentils. In *Lentils* (pp. 111–129).
- Schaefer, H., Hechenleitner, P., Santos-Guerra, A., De Sequeira, M. M., Pennington, R. T., Kenicer, G., & Carine, M. A. (2012). Systematics, biogeography, and character evolution of the legume tribe Fabeae with special focus on the middle-Atlantic island lineages. *BMC Evolutionary Biology*, 12(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-250>
- Schoch, W. H., Pawlik, B., & Schweingruber, F. H. (1988). *Botanical Macro-Remains* (p. 122).
- Scholtz, Y., Steyn, M., & Pretorius, E. (2010). A geometric morphometric study into the sexual dimorphism of the human scapula. *HOMO- Journal of Comparative Human Biology*, 61(4), 253–270. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2010.01.048>
- Seetah, K., Cucchi, T., Dobney, K., & Barker, G. (2014). A geometric morphometric re-evaluation of the use of dental form to explore differences in horse (*Equus caballus*) populations and its potential zooarchaeological application. *Journal of Archaeological Science*, 41, 904–910. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.10.022>
- Sekhon, H. S., & Singh, G. (2007). Irrigation Management in Chickpea. In *Chickpea breeding and management*. (pp. 246–267).
- Selden, R. Z. (2018). Ceramic morphological organisation in the Southern Caddo Area: Quiddity of shape for Hickory Engraved bottles. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, 884–896. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.08.045>

- Selden, R. Z., Pertulla, T. K., & O'Brien, M. J. (2014). Advances in Documentation, Digital Curation, Virtual Exhibition, and a Test of 3D Geometric Morphometrics. *Advances in Archaeological Practice*, 2(2), 64–79. <https://doi.org/10.7183/2326-3768.2.2.64>
- SENNEN, F., & MAURICIO, F. (1933). *Catàlogo de la Flora del Rif Oriental y principalmente de las cabilas limitrofes con Melilla*.
- Serwatka, K. (2015). Shape variation of Middle Palaeolithic bifacial tools from southern Poland: a geometric morphometric approach to Keilmessergruppen handaxes and backed knives. *Lithic*, 35, 18–32.
- Sharma, H. C., GOWDA, C. L. L., STEVENSON, P. C., RIDSDILL-SMITH, T. J., CLEMENT, S. L., RAO, G. V. R., ROMEIS, J., MILES, M., & BOUHSSIN, M. EL. (2007). Host Plant Resistance and Insect Pest Management in Chickpea. In *Chickpea breeding and management*. (pp. 520–537).
- Sharma, S., Upadhyaya, H. D., Roorkiwal, M., Varshney, R. K., & Gowda, C. L. L. (2013). Chickpea. In *Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement* (pp. 81–111). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397935-3.00004-9>
- Shepstone, L., Rogers, J., Kirwan, J., & Silverman, B. (1999). The shape of the distal femur: A palaeopathological comparison of eburnated and non-eburnated femora. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 58(2), 72–78. <https://doi.org/10.1136/ard.58.2.72>
- Shipunov, A. B., & Bateman, R. M. (2005). Geometric morphometrics as a tool for understanding *Dactylorhiza* (Orchidaceae) diversity in European Russia. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00468.x>
- Shkurti, S. (1979). Le battage des cereales. *Ethnographie Albanaise*, 9, 57–111.
- Siegel, A., & Benson, R. (1982). A Robust Comparison of Biological Shapes Author (s): Andrew F . Siegel and Richard H . Benson Published by : International Biometric Society Stable URL : <https://www.jstor.org/stable/2530448> REFERENCES Linked references are available on JSTOR for this a. *Biometrics*, 38(2), 341–350.
- Sigaut, F. (1975). *L'agriculture et le feu. Role et place du feu dans les techniques de préparation du champ de l'ancienne agriculture européenne*.
- Sigaut, F. (1988). L'Evolution technique des agricultures européennes avant l'époque industrielle. / ~~Technical evolution of preindustrial agricultures in Europe~~. *Revue Archéologique Du Centre de La France*, 27(1), 7–41. <https://doi.org/10.3406/racf.1988.2544>
- Sigaut, François. (1978). *Les Reserves de grains a long terme: techniques conservation et fonctions sociales dans l'histoire*.
- Sigaut, François. (1979). La Redecouverte des Silos a Grains en Europe Occidentale. In *Gast, M. Sigaut, F. Beutler, C. Buchsenschutz, O. Les techniques de conservation des grains à long terme* (pp. 15–40).
- Sigaut, François. (1988). A method for identifying grain storage techniques and its application for european agricultural history. *Tools and Tillage*, VI(1), 3–32.
- Sinclair, A., Nelson, E., Jason, H., & Randolph-Quinney, P. S. (2013). Caught Red-Handed: The Application of Geometric Morphometric Shape Statistics in the Analysis of Palaeolithic Cave Art. *Unravelling Human Origins*. https://www.researchgate.net/publication/266639421_Caught_Red-Handed_The_Application_of_Geometric_Morphometric_Shape_Statistics_in_the_Analysis_of_Palaeolithic_Cave_Art
- SINGH, G., CHEN, W., RUBIALES, D., MOORE, K., & GAN, Y. (2007). Diseases and Their Management (Chickpea). In *Chickpea breeding and management*. (pp. 497–519).
- Singh, N., Harvati, K., Hublin, J. J., & Klingenberg, C. P. (2012). Morphological evolution through integration: A quantitative study of cranial integration in Homo, Pan, Gorilla and Pongo. *Journal of Human Evolution*, 62(1), 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2011.11.006>
- Singh, S. R., & Emden, H. F. V. (1979). Insect Pests of Grain Legumes. *Annual Review of Entomology*, 24(1), 255–278. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.24.010179.001351>

- Singh, U., Siibrahmanyam, N., & Kumar, J. (1991). Cooking Quality and Nutritional Attributes of Some Newly Developed Cultivars of Chickpea. *Journal of Science Food Agriculture*, 55, 43–57.
- Slice, D. E. (2001). Landmark Coordinates Aligned by Procrustes Analysis Do Not Lie in Kendall 's Shape Space. *Systematic Biology*, 50(1), 141–149.
- Slice, D. E. (2007). Geometric morphometrics. *Annual Review of Anthropology*, 36(December 2007), 261–281. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.34.081804.120613>
- Small, E. (1986). Taxonomy of glandular wild alfalfa (*Medicago sativa*). *Canadian Journal of Botany*, 64(9), 2125–2129. <https://doi.org/10.1139/b86-280>
- Small, E. (2011). *Alfalfa and relatives: Evolution and classification of Medicago*.
- Small, E., & Jomphe, M. (1989). A synopsis of the genus *Medicago* (Leguminosae). *Canadian Journal Of Botany*, 67, 3260–3294.
- Smartt, J. (1984). Evolution of grain legumes. I. mediterranean pulses. *Experimental Agriculture*, 20(4), 275–296. <https://doi.org/10.1017/S0014479700017968>
- Smartt, J. (1990). Grain Legumes: Evolution and Genetic Resources. In *Biochemical Systematics and Ecology*. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(91\)90045-2](https://doi.org/10.1016/0305-1978(91)90045-2)
- Smith, D. R., Crespi, B. J., & Bookstein, F. (1997). Fluctuating asymmetry in the honey bee, *Apis mellifera*: effects of ploidy and hybridization. *Journal of Evolutionary Biology*, 10(4), 551–574. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1997.10040551.x>
- Smith, H., & Jones, G. (1990). Experiments on the effects of charring on cultivated grape seeds. *Journal of Archaeological Science*, 17(3), 317–327. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(90\)90026-2](https://doi.org/10.1016/0305-4403(90)90026-2)
- Smithson, J. B., Thompson, H. A., & Summerfield, R. J. (1985). Chickpea. In *Grain Legume Crops*. (pp. 312–390).
- Smykal, P., Coyne, C., Redden, R., & Maxted, N. (2013). Peas. In *Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement* (pp. 41–80). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397935-3.00003-7>
- Smykal, P., Kenicer, G., Flavell, A. J., Corander, J., Kosterin, O., Redden, R. J., Ford, R., Coyne, C. J., Maxted, N., Ambrose, M. J., & Ellis, N. T. H. (2011). Phylogeny, phylogeography and genetic diversity of the *Pisum* genus. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 9(1), 4–18. <https://doi.org/10.1017/S147926211000033X>
- Sneath, P. H. A. (1967). Trend-surface analysis of transformation grids. *Journal of Zoology*, 151(1), 65–122. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1967.tb02866.x>
- Sprent, J. I., & Minchin, F. R. (1985). Rhizobium, nodulation and nitrogen fixation. In *Grain Legume Crop* (pp. 115–144).
- Stanford, E. H., Clement, W. M., & Bingham, E. T. (1972). Cytology and evolution of the *Medicago sativa*–*falcata* complex. In *Alfalfa science and technology* (pp. 87–101).
- Stefaniak, T. R., & McPhee, K. E. (2015). Lentil. In *Grain Legumes* (pp. 111–140).
- Stika, H.-P., & Heiss, A. G. (2013). Bronzezeitliche Landwirtschaft in Europa: Der Versuch einer Gesamtdarstellung des Forschungsstandes. In *Studien zur nordeuropäischen Bronzezeit* (p. 189–222).
- Stoyan, D., & Stoyan, H. (1994). Fractals, Random Shapes and Point Fields. In *Methods of Geometric Statistics* (pp. 20–23). https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Fractals%2C+Random+Shapes+and+Point+Fields%3A+Methods+of+Geometric+Statistics&btnG=
- Stoyan, Dietrich. (1997). Geometrical means, medians and variances for samples of particles. *Particle and Particle Systems Characterization*, 14(1), 30–34. <https://doi.org/10.1002/ppsc.199700006>
- Strauss, E., & Bookstein, F. (1982). The Truss : Body Form Reconstructions in Morphometrics. *Syst. Zool.*, 31(2), 113–135.

- <http://www.faculty.biol.ttu.edu/Strauss/Pubs/Papers/1982StraussBookstein.pdf>
- Tarongi, M. (2017). Análisis comparativo de los estudios carpológicos de la Depresión del Ebro durante el III y I milenio a . C . Un estado de la cuestión. *Revista d'arqueologia de Ponent*, 27, 41–59.
- Tarongi, M., Bonhomme, V., Evin, A., Ivorra, S., López, D., Alonso, N., & Bouby, L. (2021). A new way of seeing pulses: preliminary results of geometric morphometric analyses of Iron Age seeds from the site of La Font de la Canya (Barcelona, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany*, 30(1), 77–87. <https://doi.org/10.1007/s00334-020-00801-2>
- Tarongi, M., Prats, G., & Alonso, N. (2020). The storage of pulses during the Bronze and Iron Ages in the East of the Iberian Peninsula : Examining the archaeological data through the lens of ethnography. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 30(July 2019), 102174. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102174>
- Taruvinga, C., Mejia, D., & Alvarez, J. S. (2014). *Appropriate Seed and Grain Storage Systems for Small-scale Farmers*.
- Teira Brión, A. (2019). *CAMBIO E RESILIENCIA NA AGRICULTURA E XESTIÓN DE RECURSOS VEGETAIS NO NW DA PENÍNSULA IBÉRICA (1000 A.N.E.–400 D.N.E.)*.
- Tellez, R. Ciferri, F. (1954). *Trigos arqueológicos de España*.
- Terral, J.-F., Alonso, N., Capdevila, R. B. i, Chatti, N., Fabre, L., Fiorentino, G., Marinval, P., Pérez-Jordà, G., Pradat, B., Rovira, N., & Alibert, P. (2004). Historical biogeography of olive domestication (*Olea europaea* L.) as revealed by geometrical morphometry applied to biological and archaeological material. *Journal of Biogeography*, 31(1), 63–77. <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.01019.x>
- Terral, J.-F., Newton, C., Ivorra, S., Gros-Balthazard, M., Tito de Morais, C., Picq, S., Tengberg, M., & Pintaud, J.-C. (2012). Insights into the historical biogeography of the date palm (*Phoenix dactylifera* L .) using geometric morphometry of modern and ancient seeds. *Journal of Biogeography*, 39, 929–941. <https://doi.org/10.2307/41496070>
- Terral, J.-F., Tabard, E., Bouby, L., Ivorra, S., Pastor, T., Fabre, L., Tardy, C., Picq, S., Chevance, J., Compan, M., Bacilieri, R., Lacombe, T., & This, P. (2010). Evolution and history of grapevine (*Vitis vinifera*) under domestication : new morphometric perspectives to understand seed domestication syndrome and reveal origins of ancient European cultivars. *Annals of Botany*, 105, 443–455. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp298>
- Terral, J. F., & Durand, A. (2006). Bio-archaeological evidence of olive tree (*Olea europaea* L.) irrigation during the Middle Ages in Southern France and North Eastern Spain. *Journal of Archaeological Science*, 33(5), 718–724. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.10.004>
- Tesfaye, A., & Gautam, R. (2003). Traditional pest management practices and lesser exploited natural products in Ethiopia and India: Appraisal and revalidation. *Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK)*, 02(2), 189–201.
- Thiébaud, M. (2000). A foliar morphometric approach to the study of Salicaceae. *Botanical Review*, 66(3), 423–439. <https://doi.org/10.1007/BF02868924>
- Thompson, D. A. (1917). *On Growth and Form*.
- Topi, J. R. (2016). A geometric morphometric approach to Casas Grandes ceramic specialization. *Submitted by the University of Missouri--Columbia Graduate School*. <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/handle/10355/65941>
- Toro Ibacache, M. V., Manriquez Soto, G., & Suazo Galdames, I. (2010). Morfometría Geométrica y el Estudio de las Formas Biológicas: De la Morfología Descriptiva a la Morfología Cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28(4), 977–990. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022010000400001>
- Trancho, G. J., Robledo, B., & Sánchez, A. (2011). Dimorfismo sexual del humero en una población española de sexo y edad conocidos. *Sociedad Española de Antropología Física*.
- Trancho, G., Robledo, B., López-Bueis, I., & Sánchez, J. A. (1997). Sexual Determination of the Femur

- Using Discriminant Functions. Analysis of a Spanish Population of Known Sex and Age. *Journal of Forensic Sciences*, 181–185.
- Tsegay, F. (1996). *Soil Classification and Management by Farmers in Central Tigray*.
- Ucchesu, M., Orrù, M., Grillo, O., Venora, G., Paglietti, G., Ardu, A., & Bacchetta, G. (2016). Predictive method for correct identification of archaeological charred grape seeds: Support for advances in knowledge of grape domestication process. *PLoS ONE*, 11(2), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149814>
- Ucchesu, M., Orrù, M., Grillo, O., Venora, G., Usai, A., Serreli, P. F., & Bacchetta, G. (2015). Earliest evidence of a primitive cultivar of *Vitis vinifera* L. during the Bronze Age in Sardinia (Italy). *Vegetation History and Archaeobotany*, 24(5), 587–600. <https://doi.org/10.1007/s00334-014-0512-9>
- Ucchesu, M., Sarigu, M., Vais, C. Del, Sanna, I., d'Hallewin, G., Grillo, O., & Bacchetta, G. (2017). First finds of *Prunus domestica* L. in Italy from the Phoenician and Punic periods (6th–2nd centuries bc). *Vegetation History and Archaeobotany*, 26(5), 539–549. <https://doi.org/10.1007/s00334-017-0622-2>
- Ujagir, R., & Byrne, O. M. (2009). Insect Pests and their Management. In *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pp. 282–305).
- Valamoti, S. M. (2002). Food remains from Bronze Age Archondiko and Mesimeriani Toumba in northern Greece? *Vegetation History and Archaeobotany*, 11(1–2), 17–22. <https://doi.org/10.1007/s003340200002>
- Valamoti, S. M., Moniaki, A., & Karathanou, A. (2011). An investigation of processing and consumption of pulses among prehistoric societies: Archaeobotanical, experimental and ethnographic evidence from Greece. *Vegetation History and Archaeobotany*, 20(5), 381–396. <https://doi.org/10.1007/s00334-011-0302-6>
- Valamoti, S. M., Pagnoux, C., Ntinou, M., Bouby, L., Bonhomme, V., & Terral, J.-F. (2020). More than meets the eye: new archaeobotanical evidence on Bronze Age viticulture and wine making in the Peloponnese, Greece. *Vegetation History and Archaeobotany*, 29(30–35). <https://doi.org/10.1007/s00334-019-00733-6>
- Valenzuela-Lamas, S., Baylac, M., Cucchi, T., & Vigne, J. D. (2011). House mouse dispersal in Iron Age Spain: A geometric morphometrics appraisal. *Biological Journal of the Linnean Society*, 102(3), 483–497. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01603.x>
- Valenzuela-Lamas, S., Orengo, H. A., Bosch, D., Pellegrini, M., Halstead, P., Nieto-Espineta, A., Trentacoste, A., Jiménez-Manchón, S., López-Reyes, D., & Jornet-Niella, R. (2018). Shipping amphorae and shipping sheep? Livestock mobility in the north-east Iberian peninsula during the Iron Age based on strontium isotopic analyses of sheep and goat tooth enamel. *PLoS ONE*, 13(10), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205283>
- Van de Wouw, M., Maxted, N., Chabane, K., & Ford-Lloyd, B. V. (2001). Molecular taxonomy of *Vicia* ser. *Vicia* based on Amplified Fragment Length Polymorphisms. *Plant Systematics and Evolution*, 229(1–2), 91–105. <https://doi.org/10.1007/s006060170020>
- Van de Wouw, M., Maxted, N., & Ford-Lloyd, B. V. (2003). A multivariate and cladistic study of *Vicia* L. ser. *Vicia* (Fabaceae) based on analysis of morphological characters. *Plant Systematics and Evolution*, 237(1–2), 19–39. <https://doi.org/10.1007/s00606-002-0247-4>
- Van der Maesen, L. J. G., Maxted, N., Javadi, F., Coles, S., & Davies, A. M. R. (2007). Taxonomy of the Genus *Cicer* Revisited. In *Chickpea breeding and management*. (pp. 14–46).
- van der Niet, T., Zollikofer, C. P. E., León, M. S. P. de, Johnson, S. D., & Linder, H. P. (2010). Three-dimensional geometric morphometrics for studying floral shape variation. In *Trends in Plant Science* (Vol. 15, Issue 8, pp. 423–426). Elsevier Current Trends. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.05.005>
- van der Veen, M. (1992). *Crop Husbandry Regimes*.
- van der Veen, M. (2007). Formation processes of desiccated and carbonized plant remains - the identification of routine practice. *Journal of Archaeological Science*, 34(6), 968–990.

- <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.09.007>
- VAN ZEIST, W., & BAKKER-HEERES, J. (1982). Archaeobotanical Studies in the Levant. 1. Neolithic Sites in the Damascus Basin : Aswad, Ghoraifé, Ramad. *Palaeohistoria*, 24, 165–256.
- VAQUER, J., GEDDES, D., BARBAZA, M., & ERROUX, J. (1986). Mesolithic Plant Exploitation At the Balma Abeurador (France). *Oxford Journal of Archaeology*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0092.1986.tb00127.x>
- Venora, G., Grillo, O., Shahin, M. A., & Symons, S. J. (2007). Identification of Sicilian landraces and Canadian cultivars of lentil using an image analysis system. *Food Research International*, 40(1), 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.09.001>
- Venora, Gianfranco, Grillo, O., Ravalli, C., & Cremonini, R. (2009). Identification of Italian landraces of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using an image analysis system. *Scientia Horticulturae*, 121(4), 410–418. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.03.014>
- Veronesi, F., Brummer, E. C., & Huyghe, C. (2010). Alfalfa. In *Fodder Crops and Amenity Grasses*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8>
- Vetrova, V. (2013). Geometric Morphometric Analysis of Shape Variation in the Cone-Scales of *Pinus pumila* (Pall.) Regel (Pinaceae) in Kamchatka. *Botanica Pacifica. A Journal of Plant Science and Conservation*, 2(1), 19–26.
- Vioque, J., Girón-Calle, J., Torres-Salas, V., Elamine, Y., & Alaiz, M. (2020). Characterization of *Vicia ervilia* (bitter vetch) seed proteins, free amino acids, and polyphenols. *Journal of Food Biochemistry*, 44(7), 1–12. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13271>
- Vishnyakova, M., Burlyayeva, M., Akopian, J., Murtazaliev, R., & Mikić, A. (2016). Reviewing and updating the detected locations of beautiful vavilovia (*Vavilovia formosa*) on the Caucasus sensu stricto. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 63(7), 1085–1102. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0440-x>
- Volts, J., Ferrio, J. P., Alonso, N., & Araus, J. L. (2008). Stable carbon isotopes in archaeobotanical remains and palaeoclimate. *Contributions to Science*, 4(1), 21–23. <https://doi.org/10.2436/20.7010.01.32>
- von Cramon-Taubadel, N., & Pinhasi, R. (2011). Craniometric data support a mosaic model of demic and cultural neolithic diffusion to outlying regions of Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1720), 2874–2880. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.2678>
- Wailes, B. (1972). Plow and Population in Temperate Europe. In *Population Growth : Anthropological Implications*, (pp. 155–179).
- Wales, N., Ramos Madrigal, J., Cappellini, E., Carmona Baez, A., Samaniego Castruita, J. A., Romero-Navarro, J. A., Carøe, C., Ávila-Arcos, M. C., Peñaloza, F., Moreno-Mayar, J. V., Gasparyan, B., Zardaryan, D., Bagoyan, T., Smith, A., Pinhasi, R., Bosi, G., Fiorentino, G., Grasso, A. M., Celant, A., ... Gilbert, M. T. P. (2016). The limits and potential of paleogenomic techniques for reconstructing grapevine domestication. *Journal of Archaeological Science*, 72, 57–70. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.05.014>
- Wallace, M., Bonhomme, V., Russell, J., Stillman, E., George, T. S., Ramsay, L., Wishart, J., Timpany, S., Bull, H., Booth, A., & Martin, P. (2018). Searching for the Origins of Bere Barley: A Geometric Morphometric Approach to Cereal Landrace Recognition in Archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 26(3), 1125–1142. <https://doi.org/10.1007/s10816-018-9402-2>
- Wallace, M., Jones, G., Charles, M., Fraser, R., Halstead, P., Heaton, T. H. E., & Bogaard, A. (2013). Stable carbon isotope analysis as a direct means of inferring crop water status and water management practices. *World Archaeology*, 45(3), 388–409. <https://doi.org/10.1080/00438243.2013.821671>
- Walsh, R. (2017). Experiments on the effects of charring on *Setaria italica* (foxtail millet). *Vegetation History and Archaeobotany*, 26(4), 447–453. <https://doi.org/10.1007/s00334-016-0600-0>
- Wang, W., Lycett, S. J., von Cramon-Taubadel, N., Jin, J. J. H., & Bae, C. J. (2012). Comparison of

- handaxes from Bose Basin (china) and the western Acheulean indicates convergence of form, not cognitive differences. *PLoS ONE*, 7(4), 35804. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035804>
- Warheit, K. I., Rohlf, J., & Bookstein, F. (1992). Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop. *Systematic Biology*, 41(3), 392. <https://doi.org/10.2307/2992576>
- Warkentin, T. D., Smýkal, P., Coyne, C. J., Weeden, N., Domoney, C., Bing, D.-J., Leonfor, A., Xuxiao, Z., Dixit, G. P., Boros, L., McPhee, K. E., McGee, R. J., Burstin, J., & Ellis, T. H. N. (2015). Pea. In *Grain Legumes*.
- White, L. (1973). *Tecnología medieval y cambio social*, Paidós Studio.
- Willcox, G. (2004). Measuring grain size and identifying Near Eastern cereal domestication: evidence from the Euphrates valley. *Journal of Archaeological Science*, 31(2), 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.07.003>
- Yadav, S., Redden, R. J., Chen, W., & Sharma, B. (2007). *CHICKPEA BREEDING AND MANAGEMENT*.
- Yalçın, H., Ali KAYA, M., & Arslan, A. (2010). Comparative Geometrical Morphometries on the Mandibles of Anatolian Wild Sheep (*Ovis gmelini anatolica*) and Akkaraman Sheep (*Ovis aries*). *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 16(1), 55–61.
- Yan, Z. Y., Spencer, P. S., Li, Z. X., Liang, Y. M., Wang, Y. F., Wang, C. Y., & Li, F. M. (2006). Lathyrus sativus (grass pea) and its neurotoxin ODAP. *Phytochemistry*, 67(2), 107–121. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.10.022>
- Yarnell, S. H. (1962). Cytogenetics of the Vegetable Crops: III. Legumes. A. Garden Peas, *Pisum Sativum* L. *Botanical Review*, 28(4), 465–537.
- Yenish, J.P. (2007). Weed Management in Chickpea. In *Chickpea breeding and management*. (pp. 233–245).
- Yenish, Joseph P., Brand, J., Pala, M., & Haddad, A. (2009). Weed Management. In *The Lentil: Botany, Production and Uses* (pp. 326–342).
- Yong, R., Ranjitkar, S., Lekkas, D., Halazonetis, D., Evans, A., Brook, A., & Townsend, G. (2018). Three-dimensional (3D) geometric morphometric analysis of human premolars to assess sexual dimorphism and biological ancestry in Australian populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 166(2), 373–385. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23438>
- Young, J. P. W., & Johnston, A. W. B. (1989). The evolution of specificity in the legume-rhizobium symbiosis. *Trends in Ecology and Evolution*, 4(11), 341–349. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(89\)90089-X](https://doi.org/10.1016/0169-5347(89)90089-X)
- Yunus, A. G., & Jackson, M. T. (1991). The Gene Pools of the Grasspea { *Lathyrus sativus* L. }. *Plant Breeding*, 106, 319–328.
- Zadoks, J. C. (2013). *Crop Protection in Medieval Agriculture: Studies in pre-modern organic agriculture*.
- Zapata, L., Peña-Chocarro, L., Pérez-Jordà, G., & Stika, H.-P. (2005). Difusión de la agricultura en la Península Ibérica. *Actas Del III Congreso Del Neolítico En La Península Ibérica*, 103–113.
- Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D., & Fink, W. L. (2004). *Geometric Morphometrics for Biologists : A primer* .
- Zohary, D., & Plitmann, U. (1979). Chromosome polymorphism, hybridization and colonization in the *Vicia sativa* Group (Fabaceae). *Plant Syst. Evol.*, 131, 143–156.
- Zohary, D. (1989). Domestication of the Southwest Asian Neolithic crop assemblage of cereals, pulses, and flax: the evidence from the living plants. In Harris, D.R., Hillman, G.C. (edt). *Foraging and Farming. The evolution of plant explotation*. (pp. 359–373).
- Zohary, D., & Hopf, M. (1973). Domestication of Pulses in the Old World: Legumes were companions of wheat and barley when agriculture began in the Near East. *Science (New York, N.Y.)*, 182(4115),

887–894. <https://doi.org/10.1126/science.182.4115.887>

Zohary, Daniel. (1972). The Wild Progenitor and the Place of Origin of the Cultivated Lentil : *Lens culinaris*. *Economic Botany*, 26(4), 326–332.

Zohary, Daniel, Hopf, M., & Weiss, E. (2012). *Domestication of Plants in the Old World*.

Zomlefer, B. W. (1994). *Guia de las familias de plantas con flor*.

Resumen

Prácticas agroalimentarias en el Mediterráneo Occidental durante la Protohistoria: Las Leguminosas. Una nueva propuesta taxonómica e interpretativa

El presente trabajo de investigación desarrollado en los estudios de doctorado está enfocado en el papel de las leguminosas en los sistemas agroalimentarios mediterráneos. Las especies cultivadas de esta familia aparecen de forma sesgada en el registro arqueobotánico, sin embargo, en las fuentes clásicas y en los estudios etnográficos se observa un papel más importante de las legumbres en los ciclos agronómicos. Esta

escasez de datos ha derivado en una menor atención de su estudio en la literatura especializada en comparación con los cereales o frutales. Para aumentar el conocimiento sobre el cultivo y consumo de las leguminosas, se ha decidido realizar un estudio general focalizado en el Mediterráneo Occidental, abarcando desde el estrecho de Gibraltar hasta la desembocadura del Ródano en el Mediterráneo en el sur de Francia. Como marco cronológico se ha establecido las edades del Bronce y del Hierro, comprendiendo desde el 2200 a.C. hasta el 200 a.C.

Para intentar establecer la función de las legumbres en las sociedades de esta área y momento cronológico se han establecido varias vías de investigación, que a rasgos generales se pueden resumir en: 1) una recopilación general de información agronómica sobre las especies cultivadas de esta familia. 2) la compilación de toda la información arqueobotánica de restos de frutos y semillas de leguminosas en el área y cronología establecidas. 3) establecer y aplicar una metodología basada en la morfometría geométrica de contornos además de la biometría tradicional. 4) Recopilación de información etnográfica y fuentes clásicas sobre estas especies. Además de estos cuatro puntos también se ha realizado una experimentación de carbonización de leguminosas y cereales, una pequeña compilación de información arqueológica sobre herramientas agrícolas, sistemas de almacenamiento y otros tipos de objetos y estructuras que pudiesen estar relacionados con las legumbres.

Los resultados obtenidos abordan los objetivos planteados al inicio de la investigación, aunque también abren nuevas vías de investigación futuras al aparecer nuevas cuestiones a lo largo de este estudio. En líneas generales se han obtenido posibles evidencias de una infrarrepresentación de las leguminosas por los diferentes procesos tafonómicos. Por otro lado, los análisis morfométricos son bastante eficaces en la identificación taxonómica de las especies de leguminosas, pudiéndose aplicar a individuos dudosos. También son muy útiles para analizar diferencias interespecíficas, abriendo la posibilidad de investigar en profundidad sobre diferentes variedades de especies o pudiendo distinguir entre especies muy semejantes entre sí, como las almortas y los titarros. Con la morfometría geométrica también se ha observado la dificultad de diferenciar entre algunas especies como las almortas, los yeros y los guisantes, pudiendo existir identificaciones inexactas en semillas arqueológicas. En relación con este último punto, los datos arqueobotánicos nos muestran la escasez de leguminosas de secano en el II milenio a.C. y también durante el Neolítico en toda el área. Este hecho podría evidenciar un cultivo más tardío de estas especies, incluso se abre la posibilidad de que los yeros y almortas cultivadas sean introducidos en el I milenio a.C., aunque para confirmarse habría que reanalizar los escasos individuos de esta primera especie, identificados entre el VI y II milenio a.C., siendo improbable que todos estén mal identificados. Por último, a través de todos los datos recopilados se han establecido las formas más probables de cultivo y procesamiento de estas especies en el marco geo-cronológico establecido.

Para concluir, consideramos que este trabajo aporta una nueva visión sobre las leguminosas en el Mediterráneo Occidental durante el II milenio a.C., respondiendo parte de las preguntas iniciales de este proyecto además de surgir nuevas cuestiones que

esperemos se puedan investigar en el futuro. La metodología morfo-geométrica establecida se ha mostrado muy eficaz, siendo posible su aplicación en cualquier tipo de estudio que incluya las especies aquí analizadas, independientemente del área o la cronología de estudio, pudiéndose realizar comparaciones más globales en el futuro. Nuestro objetivo final es que continúen los ya existentes proyectos sobre las leguminosas, aumentando nuestro conocimiento sobre esta importante familia botánica.

Pràctiques agroalimentàries en el Mediterrani Occidental durant la Protohistòria: Les Lleguminoses. Una nova proposta taxonòmica i interpretativa

El present treball de recerca desenvolupat en els estudis de doctorat està enfocat en el paper de les lleguminoses en els sistemes agroalimentaris mediterranis. Les espècies conreades d'aquesta família apareixen de manera esbiaixada en el registre arqueobotànic, no obstant això, en les fonts clàssiques i en els estudis etnogràfics s'observa un paper més important dels llegums en els cicles agronòmics. Aquesta escassetat de dades ha derivat en una menor atenció del seu estudi en la literatura especialitzada en comparació amb els cereals o fruiters. Per a augmentar el coneixement sobre el cultiu i consum de les lleguminoses, s'ha decidit realitzar una síntesi focalitzada en el Mediterrani Occidental, abastant des de l'estret de Gibraltar fins a la desembocadura del Roine al Mediterrani en

el sud de França. Com a marc cronològic s'ha establert les edats del Bronze i del Ferro, comprenent des del 2200 a. C. fins al 200 a. C.

Per a intentar establir la funció dels llegums en les societats d'aquesta àrea i moment cronològic s'han establert diverses vies de recerca, que a trets generals es poden resumir en: 1) una recopilació general d'informació agronòmica sobre les espècies conreades d'aquesta família. 2) la compilació de tota la informació arqueobotànica de restes de fruits i llavors de lleguminoses en l'àrea i cronologia establertes. 3) establir i aplicar una metodologia basada en la morfometria geomètrica de contorns a més de la biometria tradicional. 4) Recopilació d'informació etnogràfica i fonts clàssiques sobre aquestes espècies. A més d'aquests quatre punts també s'ha realitzat una experimentació de carbonització de lleguminoses i cereals, una petita compilació d'informació arqueològica sobre eines agrícoles, sistemes d'emmagatzematge i altres tipus d'objectes i estructures que poguessin estar relacionats amb els llegums.

Els resultats obtinguts aborden els objectius plantejats a l'inici de la recerca, encara que també obren noves vies de recerca futures en aparèixer noves qüestions al llarg d'aquest estudi. En línies generals s'han obtingut possibles evidències d'una infra-representació de les lleguminoses pels diferents processos tafonòmics. D'altra banda, les anàlisis morfomètriques són bastant eficaces en la identificació taxonòmica de les espècies de lleguminoses, podent-se aplicar a individus dubtosos. També són molt útils per a analitzar diferències interespecífiques, obrint la possibilitat d'investigar en profunditat sobre diferents varietats d'espècies o podent distingir entre espècies molt semblants entre si, com les guixes i els guixons. Amb la morfometria geomètrica també s'ha observat la dificultat de diferenciar entre algunes espècies com les guixes, els erbs i els pèsols, podent existir identificacions inexactes en llavors arqueològiques. En relació amb aquest últim punt, les dades arqueobotàniques ens mostren l'escassetat de lleguminoses de secà en l'II mil·lenni a. C. i també durant el Neolític en tota l'àrea. Aquest fet podria evidenciar un cultiu més tardà d'aquestes espècies, fins i tot s'obre la possibilitat que els erbs i guixes conreades siguin introduïts en l'I mil·lenni a. C., encara que per a confirmar-se caldria reanalitzar els escassos individus d'aquesta primera espècie, identificats entre el VI i II mil·lenni a. C., sent improbable que tots estiguin mal identificats. Finalment, a través de totes les dades recopilades s'han establert les formes més probables de cultiu i processament d'aquestes espècies en el marc geo-cronològic establert.

Per a concloure, considerem que aquest treball aporta una nova visió sobre les lleguminoses en el Mediterrani Occidental durant l'II mil·lenni a. C., responent part de les preguntes inicials d'aquest projecte a més de sorgir noves qüestions que esperem es puguin investigar en el futur. La metodologia morf-geomètrica establerta s'ha mostrat molt eficaç, sent possible la seva aplicació en qualsevol mena d'estudi que inclogui les espècies aquí analitzades, independentment de l'àrea o la cronologia d'estudi, podent-se realitzar comparacions més globals en el futur. El nostre objectiu final és que continuïn els ja existents projectes sobre les lleguminoses, augmentat el nostre coneixement sobre aquesta important família botànica.

Agro-food practices in the Western Mediterranean during Bronze and Iron Age: Pulses plants. A new taxonomic and interpretative proposal.

The present research work developed in the PhD studies is focused on the role of legumes in Mediterranean agro-food systems. Cultivated species of this family appear in a biased way in the archaeobotanical record; however, in classical sources and ethnographic studies a more important role of legumes in agronomic cycles is observed. This scarcity of data has resulted in less attention being paid to legumes in the literature compared to cereals or fruit crops. In order to increase knowledge on the cultivation and consumption of pulses, it has been decided to carry out a synthesis focused on the Western Mediterranean, covering from the Strait of Gibraltar to the mouth of the Rhone in the Mediterranean Sea in the south of France. As a chronological framework, the Bronze and Iron Ages have been established, from 2200 BC to 200 BC.

In order to try to establish the role of pulses in the societies of this area and chronological period, several avenues of research have been established, which can be broadly summarised as follows: 1) a general compilation of agronomic information on the cultivated species of this family. 2) the compilation of all the archaeobotanical information on the remains of pulses fruits and seeds in the established area and chronology. 3) Establishment and application of a methodology based on geometric outline morphometry in addition to traditional biometry. 4) Compilation of ethnographic information and classical sources on these species. In addition to these four points, we have also carried out an experiment on the carbonisation of legumes and cereals, a small compilation of archaeological information on agricultural tools, storage systems and other types of objects and structures that could be related to legumes.

The results obtained address the objectives set out at the beginning of the research, although they also open up new avenues for future research as new questions emerge during the course of this study. In general terms, we have obtained possible evidence of an under-representation of pulses in the different taphonomic processes. On the other hand, morphometric analyses are quite effective in the taxonomic identification of legume species and can be applied to doubtful individuals. They are also very useful for analysing interspecific differences, opening up the possibility of carrying out in-depth research on different varieties of species or being able to distinguish between species that are very similar to each other, such as grass pea and red pea. Geometric morphometry has also made it difficult to differentiate between some species, such as grass pea, bitter vetch and peas, and there may be inaccurate identifications in archaeological seeds. In relation to this last point, the archaeobotanical data show the scarcity of dry leguminous plants in the 2nd millennium BC and also during the Neolithic period in the whole area. This fact could be evidence of a later cultivation of these species, even opening up the possibility that cultivated bitter vetch and grass pea were introduced in the 1st millennium BC, although to confirm this it would be necessary to re-analyse the few individuals of this first species, identified between the 6th and 2nd millennium BC, and it is unlikely that they are all misidentified. Finally, through all the data collected, the most probable forms of cultivation and processing of these species in the established geo-chronological framework have been established.

To conclude, we consider that this work provides a new insight into pulses plants in the Western Mediterranean during the 2nd millennium BC, answering part of the initial questions of this project as well as raising new issues that will hopefully be investigated in the future. The morpho-geometric methodology established has proved to be very effective, being possible to apply it to any type of study involving the species analysed here, regardless of the area or chronology of study, and more global comparisons can be made in the future. Our ultimate goal is to continue the already existing projects on pulses, increasing our knowledge of this important botanical family.