

**MODALIDADES DE ADQUISICIÓN  
Y USOS DE LOS RECURSOS LEÑOSOS  
ENTRE GRUPOS CAZADORES-RECOLECTORES  
PATAGÓNICOS(ARGENTINA):**

**METODOLOGÍAS Y TÉCNICAS DE ESTUDIO  
DEL MATERIAL LEÑOSO ARQUEOLÓGICO**

**TESIS DOCTORAL  
LAURA CARUSO FERMÉ**

**DIRECTORA: Raquel Piqué I Huerta  
CO-DIRECTORA: Julieta Gómez Otero**

**DEPARTAMENT de PREHISTÒRIA FACULTAT de LLETRES  
UNIVERSITAT AUTÓNOMA DE BARCELONA**

**2012**

**MODALIDADES Y USO DEL MATERIAL LEÑOSO ENTRE GRUPOS  
CAZADORES-RECOLECTORES PATAGÓNICOS (ARGENTINA)**

**MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ESTUDIO DEL MATERIAL  
LEÑOSO ARQUEOLÓGICO**

**TESIS DOCTORAL  
LAURA CARUSO FERMÉ**

**Director: Raquel Piqué i Huerta  
Co-Director: Julieta Gómez Otero**

**DEPARTAMENT de PREHISTÒRIA, FACULTAT de LLETRES  
UNIVERSITAT AUTÓNOMA DE BARCELONA**

**2012**

A **PAPÁ**,  
porque desde muy pequeñitos nos enseñaste  
que sólo con esfuerzo y trabajo  
podríamos alcanzar aquellos  
que quisiéramos.



*Esta tesis fue elaborada en el marco del proyecto: El uso de técnicas geocomputacionales y geoestadísticas en Arqueología Espacial. Una contrastación etnoarqueológica de sus posibilidades analíticas, dirigido por el Dr. Joan Anton Barceló y gracias a la concesión de una beca predoctoral FPI otorgada por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España.*

El desarrollo de una tesis suele ser un camino largo y difícil de recorrer. En algunos momentos los obstáculos son muchos y las fuerzas débiles. No obstante, todo camino puede hacerse en forma individual o acompañada. Durante estos años tuve la suerte de conocer y trabajar con muchas personas que de una forma u otra contribuyeron al desarrollo de esta tesis.

Me gustaría agradecer especialmente a *Joan Antón Barceló* el haberme permitido solicitar una beca predoctoral y realizar mi trabajo de tesis dentro de su proyecto. Agradezco a mi directora de tesis *Raquel Piqué i Huerta* haberme brindado la posibilidad de integrarme en el Laboratori d' Arqueobotànica (Universitat Autònoma de Barcelona) en el años 2003 y poder desde entonces trabajar en forma conjunta. Gracias por su confianza y apoyo durante todos estos años. Mi gratitud también a *Julieta Gómez Otero* por aceptar la codirección de esta tesis y trabajar cada día a mi lado a pesar de la distancia. Gracias por tu constante dedicación y cariño.

Gracias a *Luis Borrero* del IMHICIHU-CONICET (Buenos Aires, Argentina), *Teresa Civalero* del INAPL (Buenos Aires, Argentina) y *Carlos Aschero* de la UNT (Tucumán, Argentina), *Cristina Bellelli* y *Pablo Fernández* del INAPL (Buenos Aires, Argentina) por haberme confiado los materiales de los sitios arqueológicos para el desarrollo de mi tesis doctoral. Muchas gracias a todos ellos por sus respuestas y comentarios durante todo este tiempo. Gracias por los sucesivos mail y por las reiteradas conversaciones y discusiones sobre las problemáticas de cada yacimiento. Agradezco particularmente a *Lorena L'Heureaux*, *Mariana De Negris* y *Mariana Carballido* su dedicación y a *Ana Forlano* mi gran amiga desde hace tiempo. Gracias a *Mercedes Podestá* por estar siempre. A *Mónica Salemme* por sus constantes consejos.

Doy las gracias a la *Institución Milá y Fontanals (IMF-CSIC)* por haberme facilitado un espacio de trabajo durante la última fase de tesis. Gracias a todos los compañeros, especialmente a *Asumpció Vila* y *Xavier Terradas* por procurar que tuviera unas condiciones óptimas de trabajo. Quiero agradecer particularmente a *Ignacio Clemente -Nacho-*, *Juan Gibaja -Gibi-*, *Juan Ibañez -Juanjo-*, *Xavier Terrada -jefecito-* y *David Ortega* por su compañía y ayuda durante aquellos meses tan difíciles. Sin su presencia las cosas no hubieran sido tan llevaderas. También debo agradecer a mis compañeras de despacho *Débora Zurro* y *Welmoed Out* por sus tan confortables abrazos y tés. Gracias también a *Millán Mozota* y *Ana Blasco* por su rescate en las críticas últimas horas de la edición de la tesis.



Muchísimas gracias a *Niccolo Mazzuco* por ayudarme con la presentación en italiano para la defensa de la tesis.

En estos años tuve la suerte y privilegio de trabajar en diversos laboratorios por lo que quisiera dar las gracias a *Dominique Marguerie* del Laboratoire de Archéobotanique -Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire- (Rennes, Francia) por las largas discusiones sobre mi trabajo de tesis. A *Vicent Bernard* por iniciarme y aconsejarme en el estudio dendrocronológico. A *Jean-Carles* y *David* por estar horas conmigo en el microscopio luchando con las especies indeterminadas y discutiendo sobre el proceso de la vitrificación. A *Chantal Leroyer*, por hacer que mis días en Rennes fueran más agradables.

Quiero dedicar un especial agradecimiento a *Lucie Chabal* del Centre de Bio-Archeologie et d'Ecologie (Montpellier, Francia) por su ayuda desinteresada, por sus discusiones sobre la interpretación de los sitios arqueológicos y sobre todo por haberme enseñado a creer en mi trabajo. Gracias por el tiempo dedicado, por nuestras conversaciones sobre la vida y por los pastelitos de cada lunes.

A *Isabelle Théry-Parisot* del Laboratoire Archéobotanique -Centre d'Études cultures et Environnemets Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge- (Nice, Francia) por hacerme disfrutar de lo que hago y por el placer de trabajar juntas. Gracias por todo lo que tú sabes. A *Claire Delbon* por ayudarme con las muchas determinaciones. A *Sébastien Guillon*, *Trongjai Hutangka* y *Julia Chrzavzez* por discutir sobre nuestras tesis y la vida, por las largas horas de trabajo en compañía, y por hacer mi estada en Francia más agradable. A *Alain Carré*, *Arnaud Mazzy*, por sus cafés y correcciones lingüísticas. A *Sylvie Beyries* por su interés y dedicación en mis trabajos. A *Carole Cheval*, *Antonin Tomasso* y *Alinoé* por su amistad. Gracias a todos los miembros del Centre d'Études cultures et Environnemets Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge- por hacerme sentir como una integrante más del laboratorio.

Agradezco a *María Eugenia Solari* del Laboratorio de Arqueobotánica e Historia Ambiental - Universidad Austral de Chile- (Valdivia, Chile) por recibirme siempre con los brazos abiertos y ayudarme en lo que fuera necesario. A *Haydée Palleres* y el gran *Bobby* del Centro Nacional Patagónico -CENPAT-CONICET- (Puerto Madryn, Argentina) por sus salidas al campo en mi armado de la colección de referencia. Gracias a todos los investigadores y becarios del CENPAT por haberme hecho sentir tan bien durante mi estancia en Madryn.

A *Ricardo Villalba* del Laboratorio de Dendrocronología e Historia Ambiental -CONICET IANIGLA - (Mendoza, Argentina) por su inagotable gentileza y por el honor de haber trabajado juntos.

A *Eneko Iriarte Avilés* del Laboratorio de Evolución Humana, Departamento Ciencias Históricas y Geografía (Universidad de Burgos), por haberme enseñado tanto y por el gustazo de trabajar juntos!.

Muchísimas gracias a todos aquellos que desde distintos puntos de la Patagonia sufrieron el armado de la colección de referencia. Gracias a *Gabriel Oliva* y *Susana Aguirre* del INTA (Río Gallegos, prov. Santa Cruz), a *Flavia Quintana* del Laboratorio de Palinología y Paleobotánica (Bariloche, prov. Río Negro), a *Carolina Morales* del Laboratorio Ecotono de la Universidad Nacional del Comahue (Bariloche, prov. Río Negro), y *Soledad Caracoche* de la Administración de Parques Nacionales, Delegación Regional Patagonia (Bariloche, prov. Río Negro), a *Juan Bautista Belardi*, *Silvana Espinosa* e *hijos* (Río Gallegos, prov. Santa Cruz) con quienes recorrimos campo y campo en busca de las especies difíciles!. A mis sobrinas *Luli*, *Quiqui* y *Ailín* (Bariloche, prov. Río Negro) quienes soportaron mis visitas y excursiones en busca de “otras vez vamos a juntar palitos?!. Y gracias a papá que en ese momento era quien cuidadosamente armaba las maletas pesándolas una y otra vez para que el exceso de equipaje pudiera ser disimulado una vez llegado al aeropuerto.

Muchísimas gracias a *Haydée Palleres* de Puerto Madryn (prov. Chubut), *Mirian Peloso* y a la *familia Sierra* de Bariloche (prov. Río Negro) por haber prestado inconscientemente sus chimeneas para mis fuegos experimentales.

Agradezco también a *Joan Manel Soriano*, *Raquel Cunill*, *Albert Pèlachs* y *Ramón Pérez* del grupo de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona por ayudarme siempre en todo lo que pueden y por seguir queriéndome a pesar de haberles quemado la mufla del laboratorio. Gracias por la fuerza que me han dado durante todos estos años.

Le doy las gracias a *Ramón Buxó Capdevila* del Museu d'Arqueologia de Catalunya por haberme ayudado tanto en mis comienzos en Girona. Por intentar integrarme en el mundo de la arqueobotánica.

Quiero dedicar este trabajo a mis amigos de Girona, quienes siempre me acompañaron desde que hicimos juntos la universidad. Gracias a *Estefanía Gonzales i Palma*, *Gerard Prados i Anlet*, *Aina Llort i Curosó* y *Lluís Serrano Jimenes*.

Gracias a mis dos amigas *Joan Boix i Calbet* y *Ivana Dragicevic* con quienes compartimos una especial amistad más allá de la arqueología. Nuestras charlas, cafés y largas discusiones sobre la vida han permitido que estos años sean entre nosotras mucho más que el desarrollo de una tesis. Gracias también a *Aida Bruzzone* por escucharme una y otra vez. Y como no podría ser de otra manera, a los amigos de siempre *Diego Waichman* –Dieguito-, *Gabriel Günther* –Gaita- y *Roxana Tetamanti* –Roxi-

que pese a la distancia están siempre, incluso en los peores momentos. Para todos ellos es este trabajo.

Dedico con un gran placer este trabajo a mi familia, por el orgullo de pertenecer a ella. A mi *Mamá* por ser tan fuerte.... A mis hermanos *Mariano*, *Nabuel* y *Ezequiel* –Tupi- por estar siempre conmigo, por hacer que la distancia nunca sea evidente entre nosotros. A mis cuñadas *Gladys Baroni* y *Andrea Pecorari* por quererme tanto. Y a mis preciosas sobrinas y sobrinos: *Luana*, *Quillén*, *Ailín*, *Tomás* y *Matías* por juntar una y mil veces tantas ramas y troncos, por atar bolsas con ramitas y lo más importante por aceptar una tía que está de paso.

A *Papá* por hacerme la persona que soy hoy y por no haber podido terminar esta tesis a tiempo para que la vieras....

Finalment vull donar les gràcies a aquella persona que fa temps que està al meu costat, que ha après a portar les meves absències, que ha suportat una casa plena de fustes, branques i carbons, qui durant molt temps ha aguantat taules colonitzades de noms d'espècies, llibres i llibretes. Moltes gracies *Miquel*! Per estar al meu costat. Per fer-me les coses més fàcils. Això sense tu no hauria estat possible.

<b>INTRODUCCION</b> .....	8
<b>CAPITULO 2: EL MATERIAL LEÑOSO EN GRUPOS CAZADORES RECOLECTORES</b> .....	13
2.1 Disponibilidad de las especies leñosas en el entorno y adquisición del material... 14	14
2.2 Movilidad (circulación/exploración) de los grupos cazadores-recolectores y el material leñoso .....	19
2.3 Duración, funcionalidad de la ocupación y material leñoso .....	24
2.4 Propiedades de las maderas y criterios de selección del combustible leñoso .....	28
2.5 Propuesta para el análisis de la gestión del material leñoso a partir del estudio antracológico .....	32
2.6 El poblamiento de la región patagónica .....	41
2.6.1 <i>El papel del bosque en la dinámica de población de la Patagonia</i> .....	44
2.7 La arqueobotánica en sitios arqueológicos patagónicos.....	47
<b>CAPITULO 3: METODOLOGÍA</b> .....	51
3.1 Técnicas de muestreo .....	52
3.2 La unidad de análisis: la muestra antracológica .....	54
3.2.1 <i>Tratamiento del sedimento</i> .....	54
3.2.2 <i>Tamaño de la muestra</i> .....	58
3.3 Técnicas de preparación de muestras y análisis .....	61
3.4 Clasificación taxonómica .....	62
3.4.1 <i>Estudio comparativo de la anatomía del género <i>Nothofagus</i></i> .....	68
3.5 Alteraciones anatómicas observadas en el carbón analizado.....	67
3.5.1 <i>Alteraciones relacionadas con el crecimiento de la madera</i> .....	68
3.5.2 <i>Alteraciones producidas durante el proceso de combustión de la madera</i> .....	75



3.6 Experimentación sobre los efectos de la combustión en especies nativas del bosque andino patagónico.....	81
3.6.1 Metodología para el estudio de las grietas de contracción por análisis de Imagen .....	84
3.7 Estudio de la composición química del material leñoso y las causas de su variación	85
3.7.1 Metodología para el reconocimiento de la madera flotada: caracterización bajo microscopio electrónico de barrido.....	88
3.8 Estudio del calibre en material leñoso arqueológico .....	91
3.8.1 Metodología para determinar el calibre de los carbones mediante análisis por imagen.	94
3.9 Determinación de la “estacionalidad” a partir de la presencia de corteza .....	100
3.10 Estudio dendrocronológico en carbones arqueológicos.....	103
3.10.1 Metodología para estudio dendrocronológico del material carbonizado .....	105
3.11 Estudio de los procesos tecnológicos de instrumentos de madera .....	107
3.11.1 Análisis taxonómico de objetos de madera.....	110
3.11.2 Análisis morfológico de objetos de madera.....	111
3.11.3 La determinación de la función y la producción de los objetos de madera a partir de las trazas .....	111

#### **CAPITULO 4: CASOS DE ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN** 114

4.1 Paralelo 42° (comarca andina).....	117
4.1.1 Evolución histórica del paisaje y la vegetación.....	122
4.2 Paralelo 47° (ÁREA CORDILLERANA) .....	125
4.2.1 Evolución histórica del paisaje y la vegetación.....	127
4.3 Paralelo 52° (campo volcánico).....	132
4.3.1 Evolución histórica del paisaje y la vegetación.....	134

<b>CAPITULO 5: SITIO CERRO PINTADO</b> .....	137
5.1 Unidades de análisis y método de recuperación del material arqueobotánico.....	144
5.2 Análisis taxonómico de carbones: resultados y discusión.....	145
5.2.1 <i>Alteraciones de los carbones</i> .....	148
5.3 Análisis dendrocronológico en carbón arqueológico .....	152
5.3.1 <i>Resultado y discusión del análisis dendrocronológico</i> .....	153
5.4 Discusión final.....	156
<b>CAPITULO 6: SITIO PAREDÓN LANFRÉ</b> .....	163
6.1 Unidades de análisis y método de recuperación del material arqueobotánico.....	168
6.2 Análisis taxonómico de carbones: resultados y discusión.....	169
6.2.1 <i>Materiales de la Unidad I</i> .....	169
6.2.2 <i>Materiales de la Unidad II</i> .....	173
6.2.3 <i>Alteraciones de los carbones</i> .....	174
6.2.4 <i>Materiales de la Unidad II</i> .....	177
6.3 Experimentación con especies nativas de la patagonia .....	178
6.3.1 <i>Primera parte: combustiones controladas</i> .....	180
6.3.2 <i>Segunda parte: estudio de los carbones experimentales</i> .....	188
6.3.3 <i>Tercera parte: contrastación de carbones experimentales y arqueológicos</i> .....	192
6.3.4 <i>Conclusiones de la experimentación</i> .....	198
6.4 Discusión final.....	201
<b>CAPITULO 7: SITIO CERRO CASA DE PIEDRA 7</b> .....	208
7.1 Unidades de análisis y método de recuperación del material arqueobotánico.....	217
7.2 CAPA 17 (9.390 ± 40 AP).....	217

7.2.1	<i>Análisis taxonómico de carbones y maderas.....</i>	218
7.2.2	<i>Estudio del calibre por análisis de imagen.....</i>	223
7.2.3	<i>Estudio de los procesos tecnológicos en materia prima leñosa.....</i>	224
7.2.4	<i>Discusión final.....</i>	228
7.3	CAPA 10 (8380 ± 120 AP).....	230
7.3.1	<i>Análisis taxonómico de carbones y maderas.....</i>	230
7.3.2	<i>Análisis de la corteza.....</i>	233
7.3.3	<i>Estacionalidad de la colecta de madera.....</i>	234
7.3.4	<i>Estudio del calibre por análisis de imagen.....</i>	236
7.3.5	<i>Discusión final.....</i>	237
7.4	CAPA 8 (7060 ± 105 AP).....	240
7.4.1	<i>Análisis taxonómico de carbones y maderas.....</i>	240
7.4.2	<i>Análisis de la corteza.....</i>	245
7.4.3	<i>Estudio del calibre por análisis de imagen.....</i>	246
7.4.4	<i>Discusión final.....</i>	247
7.5	CAPA 6 (5.310 ± 110 AP).....	248
7.5.1	<i>Análisis taxonómico de carbones y maderas.....</i>	250
7.5.2	<i>Estudio del calibre por análisis de imagen.....</i>	252
7.5.3	<i>Análisis de la corteza.....</i>	253
7.5.4	<i>Estacionalidad de la colecta de madera.....</i>	255
7.5.5	<i>Estudio de los procesos tecnológicos en materia prima leñosa.....</i>	257
7.5.6	<i>Discusión final.....</i>	265
7.6	CAPA 5 (6.150 ± 105 AP).....	268
7.6.1	<i>Análisis taxonómico de carbones y maderas.....</i>	268
7.6.2	<i>Análisis de corteza.....</i>	271

7.6.3	Estudio del calibre por análisis de imagen.....	272
7.6.4	Discusión final .....	273
7.7	CAPA 1 (3.480 ± 70AP).....	275
7.7.1	Análisis taxonómico de carbones y maderas.....	275
7.7.2	Análisis de corteza .....	278
7.7.3	Estudio del calibre por análisis de imagen.....	280
7.7.4	Discusión final .....	281
7.8	DISCUSIÓN GENERAL .....	283
<b>CAPITULO 8:</b>	<b>SITIO OREJAS DE BURRO 1 .....</b>	<b>296</b>
8.1	Unidades estratigráficas.....	298
8.1.1	Sondeo 1 .....	298
8.1.2	Cuadrículas -1, 2, 3, 4-.....	299
8.1.3	Contexto mortuario.....	300
8.2	Unidades de análisis y método de recuperación del material arqueobotánico .....	305
8.3	Análisis taxonómico de carbones y maderas.....	306
8.3.1	Sondeo 1 .....	306
8.3.2	Área del entierro.....	307
8.3.3	Alteraciones de la madera .....	312
8.4	Estudio de la composición química de la madera y las causas de su variación. Caracterización bajo microscopio electrónico de barrido y análisis de precipitados minerales en material leñoso .....	316
8.4.1	Análisis de la composición química de material leñoso actual.....	319
8.4.2	Análisis de la composición química de material leñoso arqueológico.....	333
8.4.3	Análisis del sedimento arqueológico .....	341
8.4.4	Conclusión composición química de material arqueológico .....	345



8.5	Discusión final.....	346
<b>CAPITULO 9: DISCUSIÓN SOBRE LAS MODALIDADES DE ADQUISICIÓN DEL MATERIAL LEÑOSO ENTRE GRUPOS CAZADORES-RECOLECTORES DE DISTINTAS ZONAS DE LA PATAGONIA (ARGENTINA) .....</b>		<b>354</b>
9.1	Valoración paleoambiental de los resultados antracológicos.....	358
9.2	Adquisición del combustible: aprovechamiento de especies leñosas locales y no locales.....	359
9.3	Duración de ocupación y estado del material leñoso utilizado como combustible... ..	363
9.3.1	<i>Grietas de contracción .....</i>	<i>364</i>
9.3.2	<i>Alteración por microorganismos y marcas de insectos xilófagos.....</i>	<i>367</i>
9.3.3	<i>Vitrificación.....</i>	<i>371</i>
9.4	Material leñoso utilizado como combustible: árboles, arbustos, troncos y ramas .....	376
9.5	Funcionalidad, duración de la ocupación, movilidad y modalidades de adquisición del material leñoso .....	381
9.5.1	<i>Funcionalidad, duración de la ocupación y movilidad.....</i>	<i>382</i>
9.5.2	<i>Modalidades de adquisición y uso del material leñoso.....</i>	<i>383</i>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>		<b>388</b>
10.1	CONCLUSION.....	395
<b>RESUMEN.....</b>		<b>402</b>
11.1	SUMMARY .....	410
ANEXO 1 .....		417
ANEXO 2 .....		463
ÍNDICE DE TABLAS (anexo 2) .....		464

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>567</b>
ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS,.....	620
FIGURAS y GRÁFICOS.....	620
ÍNDICE DE MAPAS .....	628

## **1 INTRODUCCION**

El entorno natural ha proporcionado, mediante la aplicación de diferentes estrategias de extracción, recursos que han permitido el desarrollo de un sinnúmero de actividades. La iluminación, la calefacción, así como la cocción de alimentos pudieron ser satisfechas con el uso de materias vegetales y el conocimiento de su capacidad de combustión. Por otra parte, las materias vegetales también fueron aprovechadas para la confección de los instrumentos necesarios para la transformación de otras materias primas o para la obtención de alimentos. La presencia del material leñoso en diferentes estados de conservación en contextos prehistóricos es frecuente debido a que la madera como recurso se encontraba ligada a la mayoría de actividades desarrolladas por las comunidades humanas.

La búsqueda y adquisición del material leñoso es una de las actividades cotidianas más frecuentes en muchas sociedades. Desde los inicios de la humanidad el aprovechamiento de las plantas ha sido fundamental para la supervivencia y se han implementado estrategias de subsistencia encaminadas a la explotación de las plantas. Estas han sido posibles gracias al conocimiento del entorno y al desarrollo de tecnologías apropiadas para su explotación.

La extracción de leña para el fuego se llevó a cabo en todo tipo de formaciones vegetales donde crecían estas especies leñosas, desde los ambientes esteparios a los selváticos. Cada sociedad adecuó las estrategias de extracción del combustible vegetal a sus necesidades, capacidades técnicas y organizativas y tipo de oferta. Estas estrategias han ido cambiando a lo largo de la historia, en función de las características y transformaciones del paisaje, los cambios en la tecnología, así como las distintas necesidades sociales. Como consecuencia de la explotación continuada de los entornos forestales, la humanidad y el medio han coevolucionado durante milenios, por ello no puede entenderse la evolución de las formaciones forestales al margen de la gestión que los grupos humanos hicieron de ellos.

El material leñoso recuperado en sitios arqueológicos es en primera instancia producto de las actividades sociales. Pero también está relacionado con el entorno natural en el que un determinado grupo desarrolla su actividad. El ambiente explorado y ocupado conforma el territorio de una sociedad. Éste, así como los recursos naturales, serán consecuencia de la

actividad social, donde los elementos del medio ambiente serán percibidos en función de las necesidades sociales (Terradas, 1996). De esta manera, el estudio de los restos leñosos permite realizar inferencias sobre las formaciones vegetales de las cuales provienen, así como también conocer el papel que jugaron estos recursos dentro de una sociedad y evaluar el impacto que las acciones sociales tuvieron sobre el entorno, brindando así una mejor aproximación a la dinámica social y económica de un grupo.

Como se ha señalado, la presencia del material leñoso en diferentes estados de conservación en contextos prehistóricos es posible debido a que la madera como recurso se encontraba ligada a distintos tipos de actividades. No obstante, en tanto que materia orgánica la madera es sensible a la descomposición y sólo sobrevive en determinados ambientes donde se dan condiciones excepcionales. De esta manera, los restos arqueobotánicos sólo se conservan en medios anaerobios o cuando se ha producido un proceso de carbonización que impide su descomposición. Por ello los restos más habituales para la mayoría de los casos son aquellos que entraron en contacto con el fuego, ya sea intencionalmente -porque para su procesado/consumo es necesario el uso del fuego- o accidentalmente (ver por ejemplo Hastorf 1999; Buxó y Piqué, 2003; Vellanoweth *et al.*, 2003; entre otros). Eventualmente los residuos leñosos y/o artefactos de madera pasan a formar parte del registro arqueológico hasta su posterior recuperación; durante este período el material está sujeto a diversas interacciones con otras materias orgánicas, sustancias minerales y líquidos (agua marina, continental, etc.).

El uso de la madera como combustible ha conducido a que el carbón arqueológico sea el resto más frecuente entre los macrorrestos vegetales que pueden aparecer en una excavación. El carbón, testimonio de combustión es, por lo tanto, el resultado de diferentes actividades sociales. En general, la recuperación de carbones en sitios arqueológicos ha tenido como principal objetivo la realización de fechados radiocarbónicos o la reconstrucción del paleopaisaje. No obstante, es importante tener presente que el carbón recuperado en contextos arqueológicos es, por un lado, el resultado de diferentes formas de gestión de los recursos leñosos y, por otro, el producto de la combustión de la materia vegetal llevada –deliberadamente- a ese asentamiento con diferentes propósitos. Por lo tanto, el carbón procedente de sitios arqueológicos es un vestigio de origen antrópico; es decir, un material susceptible de proporcionar información sobre las actividades relacionadas con la utilización del fuego. Los carbones, antes de pasar a formar parte del registro arqueológico, han



involucrado tareas vinculadas con la obtención de leña, encendido, mantenimiento o apagado del fuego. En consecuencia, el carbón vegetal representa un gran potencial en cuanto al aporte de información necesario para comprender las formas de explotación y gestión social de los recursos. Sin embargo, como el carbón por sí mismo no puede brindar información, es importante su contextualización –ubicación y distribución dentro del área excavada- para relacionarlo con el resto de ítems arqueológicos.

La presencia de macrorrestos vegetales –hojas, madera, carbón, etc.- en sitios arqueológicos no sólo permite obtener datos medioambientales, sino que es una fuente valiosa de información sobre la gestión y uso de los vegetales por parte de los grupos humanos del pasado. El estudio arqueobotánico posibilita un acercamiento a aquellas actividades que pudieran estar relacionadas con la gestión de los recursos vegetales por parte de los distintos grupos del pasado. El análisis taxonómico de carbones y madera será importante dentro del marco de un proyecto de investigación, ya que aporta información de carácter paleoambiental por un lado y también sobre el aprovechamiento de las especies por parte de los integrantes de un determinado grupo.

Distintos estudios sobre grupos cazadores-recolectores consideran este modo de vida como el más perdurable en el tiempo y espacio (Binford 1980, 2001; Kelly 1995, O'Brien 1996; entre otros). No obstante, a pesar de los numerosos estudios antropológicos y etnográficos acerca de estas sociedades, actualmente se carece de un profundo conocimiento sobre los modos de gestión de los entornos forestales y recursos leñosos. Con el fin de profundizar sobre el conocimiento de los modos de gestión del entorno entre grupos cazadores-recolectores el propósito de esta tesis es analizar el caso de los grupos que habitaron Patagonia continental (Argentina).

Concretamente en este trabajo se lleva a cabo el estudio de las modalidades de adquisición y uso del material leñoso entre grupos cazadores-recolectores patagónicos. Se entiende por modalidades de adquisición del material leñoso los modos de actuación que los distintos grupos llevan a cabo en el proceso obtención de la madera, sea en referencia a las estrategias de obtención, explotación de hábitat, como selección de áreas de captación, etc. Con este propósito se seleccionaron determinados sitios arqueológicos localizados en diferentes tipos de

formaciones vegetales: *bosque*, *ecotono-bosque estepa* y *estepa* (según reconstrucciones polínicas y registros actuales) en distintas latitudes de la Patagonia argentina.

Para el desarrollo de esta tesis, cuatro fueron los sitios seleccionados. Dos de ellos ubicados en la Comarca Andina del Paralelo 42° CA42°) la cual comprende el área cordillerana del noroeste de la Provincia del Chubut y del sudoeste de la Provincia de Río Negro (Podestá *et al.*, 2000). El sitio *Paredón Lanfré* -41° 36' 18'' S y 71° 32' 38'' W- situado en el bosque andino-patagónico (provincia de Río Negro). A 100 km del mismo, en la zona de ecotono-bosque estepa, se encuentra el sitio *Cerro Pintado* -42° 31' 07''S y 71° 30' 34''W- (provincia de Chubut).

Más hacia el sur, en la provincia de Santa Cruz se encuentran los otros dos yacimientos. Uno de ellos, el sitio *Cerro Casa de Piedra 7* -47°57'S y 72°05'W- ubicado en el Parque Nacional Perito Moreno en una zona característica de ecotono-bosque estepa. Hacia el este de la provincia se localiza el sitio *Orejas de Burro 1* -52° 07.769'S y 69° 33.151'W- , más precisamente en las estepas del Campo Volcánico Pali Aike.

En base a lo manifestado anteriormente, el objetivo general de este trabajo es caracterizar las estrategias de gestión de los recursos leñosos de los grupos cazadores-recolectores patagónicos. Se pretende ir más allá de la determinación de las especies consumidas; es decir, se trata de entender las modalidades de adquisición y uso del material leñoso y definir los criterios que rigieron la selección de los recursos leñosos para ser utilizados como combustibles y materia prima, en los casos que lo permita. Por lo tanto, además de determinar la especie es necesario caracterizar la morfología de la madera utilizada, así como su estado (sano, alterado, verde, seco, etc.). Los objetivos principales y particulares de esta tesis son los siguientes:

- **Objetivos principales**

Conocer las modalidades de adquisición y uso del material leñoso por parte de grupos cazadores-recolectores que ocuparon distintos sectores de Patagonia continental (Argentina)

- **Objetivos particulares**

Evaluar variaciones espaciales y temporales en la adquisición y uso del material leñoso y sus causas en relación con la estructura ambiental de los recursos vegetales, los cambios paleoclimáticos, las actividades desarrolladas por los grupos humanos y las características de las ocupaciones

Estudiar los instrumentos en maderas y los procesos operativos relacionados con su fabricación.

Esta tesis consta de diez capítulos, estructurados en dos partes. En la primera se encuentra el capítulo 2 que describe los antecedentes de la investigación y define el marco teórico en el cual se sitúa este trabajo. El capítulo 3 que revisa las técnicas de recuperación de restos, las estrategias de muestreo y expone los métodos utilizados en el estudio de del material leñoso arqueológico (madera carbonizada y sin carbonizar). La segunda parte “Análisis antracológico de los contextos patagónicos”, está formada por los capítulo 4 al 10. El capítulo 4 presenta los sitios arqueológicos y ofrece una descripción de la geografía y el paisaje de cada uno de los contextos. El capítulo 5 estudia la adquisición y uso del material leñoso en el sitio Cerro Pintado y presenta la aplicación de un análisis dendrocronológico en carbón. El capítulo 6 también plantea la obtención y aprovechamiento de la madera, en este caso, en el sitio Paredón Lanfré y expone el desarrollo de un trabajo experimental con especies nativas del bosque Andino-patagónico. En el capítulo 7 se trata la adquisición del material leñoso en el sitio Cerro Casa de Piedra 7, el estudio del calibre en madera y carbón y el análisis de los procesos tecnológicos de instrumentos de madera. El capítulo 8 presenta la gestión de los recursos leñosos en el sitio Orejas de Burro 1 y expone el desarrollo de un programa experimental orientado a estudiar la composición química de la madera y las causas de su variación. El capítulo 9 plantea las discusiones generales de la investigación y el capítulo 10 las conclusiones. Además se incluye dos anexos: el primero se centra en la descripción anatómica de las distintas especies leñosas identificadas en los sitios estudiados, conjuntamente con información de la distribución geográfica, hábitat, usos etnobotánicos de cada una de ellas. En el segundo anexo se incluyen todos los cálculos y resultados obtenidos en la aplicación de las distintas metodologías utilizadas en este trabajo.

## **2 EL MATERIAL LEÑOSO EN GRUPOS CAZADORES RECOLECTORES**

En todos los tipos de formaciones vegetales –arbóreas, arbustivas, matorrales- se encuentran materias naturales susceptibles de convertirse en recursos utilizables por los integrantes de cualquier tipo de sociedad. Los bosques se encuentran formados por distintas asociaciones de especies, caracterizados por sotobosques más o menos densos, ricos en especies leñosas o dominados directamente por especies herbáceas. La gestión del material leñoso, como de otros recursos, no debería entenderse al margen del resto de estrategias de una sociedad con las cuales se combina para el desarrollo y reproducción de la misma (Piqué, 1999). El rol que juega la oferta en la selección de recursos debe ser valorado en función del momento histórico concreto y las necesidades que pueden ser satisfechas con su aprovechamiento. Las especies leñosas son recursos en tanto son seleccionados para satisfacer necesidades sociales concretas tales como luz y calor, entre otras. La utilización de la madera, fibras, resinas así como otras materias procedentes de las especies leñosas requiere en general una previa modificación de sus condiciones naturales. Razón por la cual, en algunos casos es necesaria la implementación de técnicas extractivas.

El combustible, mayoritariamente madera, es un recurso vital y de uso cotidiano que permitió la colonización de nuevos espacios, la transformación de las materias primas y el procesado de alimentos, abriendo así todo un mundo de posibilidades sociales y técnicas que contribuyeron al desarrollo y supervivencia de los grupos humanos. Como consecuencia, la organización social y económica de una sociedad fue dependiente del combustible ya que se convirtió en indispensable para el desarrollo de la mayoría de las actividades. Para poder comprender e interpretar la gestión del entorno es preciso tener en cuenta la existencia de estrategias de comportamiento definidas, cualquiera que sea el grado de organización o complejidad de un grupo (Piqué, 1999; Allué, 2002).

De la misma manera que con cualquier otro recurso, la gestión de la materia prima leñosa variaría según la estructura social y organización del grupo. Por lo tanto, son varios y diversos los elementos que entran en juego en su aprovechamiento. La disponibilidad y abundancia de especies en el entorno es sin duda un factor importante. Sin embargo, la funcionalidad,



duración de ocupación de un sitio y la complejidad o grado de organización del grupo (grado de movilidad) son elementos que interactúan y a la vez condicionan la gestión de este recurso

Este trabajo se centra en el estudio de las estrategias de gestión del entorno por parte de las sociedades cazadoras recolectoras de la Patagonia (Argentina), por ello en este apartado se analizarán sus principales características organizativas en relación al material leñoso. Las características socio-económicas de un grupo serán de suma importancia para poder comprender las modalidades de adquisición y uso de las especies leñosas.

## **2.1 DISPONIBILIDAD DE LAS ESPECIES LEÑOSAS EN EL ENTORNO Y ADQUISICIÓN DEL MATERIAL...**

La disponibilidad de las especies leñosas se encuentra en directa relación con su presencia en el entorno natural. Según Shackleton y Price (1992) un medio ambiente que no ha sido explotado intensivamente permite aplicar criterios de selección que se ven favorecidos por la disponibilidad y abundancia de especies vegetales. La continua explotación o el incremento de las necesidades de combustible generarán la degradación del entorno y por ende la oferta de material leñoso. Siguiendo a los autores antes mencionados, ante esta situación los integrantes de un grupo podrán elegir entre conformarse con la utilización de las especies menos valoradas o de lo contrario ampliar el área de captación del material leñoso. Una gestión del combustible basada en la recolección de madera muerta, por ejemplo, será efectiva durante un período determinado de tiempo, ya que la misma mortalidad natural del bosque definirá en este caso la disponibilidad y abundancia del combustible. Sin embargo, la gestión y adquisición del material leñoso está condicionada por la interacción de varios elementos, siendo la disponibilidad y abundancia sólo uno de ellos. Sería un error por lo tanto analizar e interpretar los modos de captación de un recurso sobre la base de sólo uno de todos los elementos que conforman la dinámica de interacción.

Algunas autoras plantean un tipo de recolección selectiva del combustible entre sociedades cazadoras-recolectoras del Pleistoceno e inicios del Holoceno. Uzquiano (2005), por ejemplo, propone una marcada preferencia en cuanto al uso del abedul (*Betula*) en ciertas ocupaciones del Musteriense-Paleolítico Superior Inicial de los sitios Castillo y Covalejos (Cantabria, España). Esta autora argumenta el uso selectivo de esta especie leñosa en base a valoraciones etnobotánicas del abedul. Según Uzquiano la madera de esta especie se caracteriza por su alto poder calórico y por producir una intensa humareda de color blanco con propiedades antisépticas (Uzquiano, 2005:265). Apoyándose en los usos que los Sami de Noruega dan al abedul –grandes fuegos para combatir las plagas de mosquitos- la autora interpreta que los hogares situados hacia el exterior del sitio Castillo funcionaron como “fuegos-barrera” de cara a facilitar las tareas de despiece de animales llevadas a cabo a la entrada de la cueva. Por lo tanto –debido a la humareda generada por su combustión- el uso de abedul como combustible habría permitido mantener a distancia todo tipo de depredadores. Los altos valores de mostajo (*Sorbus aria*) registrados en este mismo sitio responderían a un uso alternativo para atenuar la toxicidad de la humareda producida por el mismo abedul (Uzquiano, 2005).

Por su parte, Allué (2002) sugiere una preferencia en el uso de *Pinus sylvestris* en detrimento de otros taxones en la mayoría de los niveles del Pleistoceno Superior en el Abric Romaní (Cataluña, España). Se trata de un yacimiento con una secuencia de ocupación que cubre el intervalo comprendido aproximadamente entre 70.000-40.000 BP, por lo que se puede asumir que fue ocupado por poblaciones de *Homo neanderthalensis*. Según Allué (2002) la explotación casi exclusiva de esta especie se encuentra determinada por la poca variabilidad florística de la formación vegetal. El registro polínico muestra un entorno dominado por bosques de pinos caracterizados por un baja diversidad taxonómica, donde el pino es la especie dominante, aunque también se documentan especies como el enebro (*Juniperus* sp.), sauce (*Salix* sp.) o espina cervina/espino (*Rhamnaceae*). En cambio en el registro antracológico estas últimas especies están ausentes o poco representadas (Allué, 2002:311). Este hecho se encuentra en relación no sólo con la disponibilidad del pino sino también con las características de las ocupaciones del Abric Romaní. De acuerdo con Allué la disponibilidad de madera de pino, no está únicamente supeditada a su abundancia en las formaciones vegetales del Pleistoceno Superior, sino que además se encuentra en relación con las características de leña que puede producir esta especie. A diferencia de los enebros, que presentan un menor

número de ramas muertas en la base, los pinos ofrecen una mayor cantidad de ramas bajas muertas, por lo que la producción de ramas caídas muertas es mayor. Por lo tanto, lo que genera una explotación exclusiva de las especies no es el mismo azar, sino el reducido gasto energético que puede suponer la recolección de la leña ya caída de un árbol (Allué, 2002:316). Según (Allué 2002) la abundancia de material leñoso posibilita el planteamiento de un modelo de aprovisionamiento que permitiría a los cazadores-recolectores obtener material suficiente durante ocupaciones de corta duración. Por lo tanto, según la autora, el registro del Abric Romani demuestra que, a pesar del clima riguroso y la escasez de vegetación se ha utilizado el combustible más disponible y a su vez abundante (Allué, 2002:313).

Théry-Parisot y Thiébaud (2005) también discuten la utilización del pino en la cueva Chauvet (31.367 +/-1 BP) -Francia-. Para estas autoras la presencia exclusiva de *Pinus sp. sylvestris/nigra* -pino laricio/negral- en la cueva Chauvet (Francia) podría responder a una utilización preferente de este taxón más que a una limitación del entorno vegetal en el cual se desarrolla este grupo. Las propiedades combustibles de pino es una de las razones que podrían justificar la elección. Los datos paleobotánicos (palinología y antracología de varios sitios contemporáneos cercanos a Chauvet) revelan que esta fase se caracteriza por paisajes abiertos y pobres en taxones leñosos, durante la cual los grupos humanos subsisten sobre todo del pino y algunos arbustos (abedul, sauce, enebro). Según Théry-Parisot y Thiébaud (2005), a diferencia de otros taxones, el pino se caracteriza por una significativa poda natural de ramas, la cual constituye una reserva importante de madera seca. De esta manera, el material leñoso seco y cortado representa un recurso de utilización inmediata funcional a un grupo no sedentario. La madera muerta constituyó el combustible esencial utilizado entre los grupos del Paleolítico y la abundancia de madera de pino pudo lógicamente, según las autoras, ser objeto de un aprovisionamiento preferencial por parte de los grupos que habitaron la cueva Chauvet. Por otra parte, la resina y la densidad de la madera del pino favorecen la inflamación y una combustión armoniosa que permite que el fuego no se consuma ni demasiado rápido ni lentamente. Esta combinación de factores otorga a las coníferas una capacidad muy importante de iluminación. Por lo tanto, para las autoras la utilización de pino se adapta completamente al contexto de la cueva Chauvet ya que para la realización de las pinturas es necesaria una buena iluminación de las paredes (Théry-Parisot y Thiébaud (2005:74).

Piqué (1999) sugiere para los sitios Tunel VII, Lanashuaia, Alashawaia y Shamakush I y X (costa norte del Canal de Beagle, Argentina) un uso preferencial de aquellos taxones más abundantes en el entorno (*Nothofagus*) acompañados de otros menos abundantes pero que por sus propiedades físicoquímicas se pueden considerar buenos combustibles: *Berberis* sp., *Maytenus magellanica* (Lam.) Hook. f. -leña dura-.

Por su parte Scheel Ybert (2000) a partir del análisis de seis concheros de la costa sureste de Brasil ocupados por cazadores-recolectores–pescadores, sugiere una recolección local y no de tipo selectiva. Para esta autora la recolección aleatoria de madera muerta entre estos grupos es la principal fuente de recursos de leña. La gran diversidad taxonómica y la presencia de ataques de larvas antes de la carbonización permiten plantear a Scheel Ybert este tipo de aprovisionamiento. Las altas frecuencias de *Condalia* sp. documentadas en la mayoría de las muestras son difíciles de explicar con criterios medioambientales. Las características de la madera podrían dar cuenta de una selección cultural de este taxón, el cual es considerado como un excelente combustible. La vitrificación detectada en los carbones permite plantear a esta autora la quema de madera verde de esta especie. Según Scheel Ybert (2000) la mayoría de las especies presentes en el medio ambiente pueden encontrarse representadas en los conjuntos antracológicos, especialmente si se recolecta madera muerta. A pesar de la selección cultural, que puede generar exceso de representación de algunos taxones, la autora considera viable la utilización de estos restos para la reconstrucción paleoambiental.

Las propuestas que consideran que se dio un uso selectivo de las especies o de cierto tipo de leña generalmente parten de la comparación con posibles comunidades vegetales análogas o con registros paleoambientales contemporáneos. Sin embargo algunos de los trabajos introducen ya otras perspectivas que parten del análisis de variables (vitrificación) que permitiría reconocer el estado de la madera utilizada como combustible o de la morfología y pautas de poda natural de las especies (mortandad de las ramas). No existe por lo tanto un criterio único para reconocer un uso selectivo de las leñosas.

Contrariamente, para otras autoras los grupos cazadores-recolectores harían un uso oportunista de la leña teniendo en cuenta su abundancia en el entorno. A modo de ejemplo se pueden citar los trabajos de Badal (2001) en Valencia (España), y de Solari (1993) y Joly (2005)

en el extremo sur sudamericano. Badal (2001) infiere una modalidad oportunista de obtención de material leñoso en la Cova de les Cendres. Para ello se apoya sobre el registro de diferentes calibres entre las muestras (que avalarían su procedencia tanto de árboles, arbustos o herbáceas), y la presencia de marcas de insectos xilófagos.

En sus estudios sobre cazadores-recolectores de Patagonia y Tierra del Fuego (específicamente del Cabo de Hornos y Seno Grandi), Solari (1993) sugiere que en la obtención del material leñoso se evidencia una dinámica de explotación del ambiente más próximo a los sitios, con fases de avance y regresión en la explotación del bosque de *Nothofagus* respecto de especies secundarias de la formación vegetal (Solari, 1993:254). Por su parte Joly (2005) plantea para los sitios de la Pampa húmeda de Argentina -Paso Otero 5, La Represa y Quequén Salado 1- que la gestión del combustible parece depender de la disponibilidad ambiental así como de las necesidades inmediatas, la facilidad y el menor costo de obtención del material leñoso. Según esta autora entre estos grupos cazadores-recolectores no parecería necesaria la existencia de conocimientos elaborados sobre los recursos leñosos y sus cualidades, ya que los mismos adaptaron su comportamiento al entorno (Joly, 2005).

Los enfoques que consideran un uso oportunista de las especies leñosas parten generalmente, de argumentos tales como la alta diversidad de los conjuntos o la similitud entre la composición de los registros antracológicos y las comunidades análogas modernas. No obstante, también se han propuesto otros tipos de argumentos como la heterogeneidad morfológica y el estado de la madera utilizada como combustible. A tal punto es preciso aclarar que se entiende como oportunista y que como selectivo. Para algunas autoras recoger la leña procedente de la poda natural es una actividad oportunista, mientras para otras se trata de un tipo de gestión de los recursos en tanto que se prefiere este tipo de madera ante otras también presentes en el entorno. Esta última propuesta es, como se verá más adelante, más acorde al planteamiento de esta tesis.

La mayoría de los trabajos que consideran que se dio un aprovechamiento oportunista, en el sentido de no selectivo, están orientados a la reconstrucción paleoambiental. Por ello parten del supuesto que las especies más representadas entre los carbones arqueológicos serían las más abundantes en el entorno del sitio durante el momento de ocupación (Vernet, 1986;

Thiebault, 1988; Badal 1990; entre otros). El valor paleoambiental de los carbones es indiscutible, se ha demostrado ampliamente la aportación que puede hacer la antracología en cuanto a la reconstrucción de los paisajes pasados y su transformación. Sin embargo estas propuestas generalmente tienen poco en cuenta el factor social que está en el origen de los restos antracológicos, y en muchos casos se encuentran ausentes o poco reflejadas las interpretaciones socioeconómicas.

La disponibilidad del material leñoso en el entorno es un aspecto difícilmente evaluable desde el contexto arqueológico. Los estudios polínicos permiten conocer la disponibilidad de los recursos leñosos; no obstante presentan ciertas limitaciones a la hora de poder cuantificar la biomasa característica del ambiente en momentos de la ocupación de un sitio. El mismo problema surge del estudio de restos de madera carbonizada. Por otro lado, la presencia de una especie leñosa en el entorno no debería ser interpretada como sinónimo de recurso energético para un grupo; es decir, no se debe tomar como un criterio suficiente para poder avalar su aprovechamiento entre los miembros de una sociedad. Las estrategias de adquisición del material leñoso se encuentran condicionadas por la disponibilidad de estas materias en el ambiente, pero también están determinadas por las necesidades sociales del grupo así como sus características socio-económicas.

## **2.2 MOVILIDAD (CIRCULACIÓN/EXPLORACIÓN) DE LOS GRUPOS CAZADORES-RECOLECTORES Y EL MATERIAL LEÑOSO**

Diversos estudios etnográficos documentan una gran variabilidad en la frecuencia y tipo de desplazamientos entre cazadores-recolectores, que se encuentran vinculados con distintos aspectos de la organización de estas sociedades (Binford, 1980,1982, 2001; Hayden, 1981; Kelly, 1995; MacDonald y Hewlett, 1999). Esta información fue aprovechada por la “Optimal Foraging Theory” (Bettinger 1991; Chatters 1987; Horn 1968; Smith 1983; Winterhalder y Smith 1981, 1992, entre otros autores) para la construcción de distintos modelos que sostienen que en ciertos campos las decisiones humanas tienden a aumentar la tasa neta de ganancia de energía.

Uno de estos aspectos tiene que ver con la movilidad. Existen diferentes niveles o tipos de movilidad entre los grupos cazadores-recolectores. Un primer nivel relacionado principalmente con la obtención de los recursos necesarios para la subsistencia. El mismo involucra micro movimientos (Binford, 1980,1982; MacDonald y Hewlett, 1999). El segundo nivel, que se caracteriza por movimientos de distancia intermedia –rango anual- y un tercer nivel determinado por movimientos de rango extendido cuyo propósito es la satisfacción objetivos específicos (Binford, 1980,1983; MacDonald y Hewlett, 1999).

El tipo de recurso explotado es otro factor que debe ser tenido en cuenta en el grado de movilidad de los cazadores-recolectores. En el caso de los vegetales, al igual que en los modelos de optimización propuestos para los recursos faunísticos (Smith 1983; Winterhalder *et al.*, 1989; Bettinger 1991; entre otros) hay que tener en cuenta la tasa de rendimiento neto entre la energía gastada en su búsqueda y acarreo y la energía obtenida de su aprovechamiento. Los recursos vegetales poseen una tasa de retorno (número de calorías obtenidas por hora) más débil que la caza mayor, por lo tanto la distancia efectiva del área de forrajeamiento será más corta para los grupos que explotan mayoritariamente vegetales que para aquellos que aprovechan grandes animales (Costamagno, 2001, 2006). Los recursos vegetales leñosos son fijos, pero su oferta y distribución puede ser altamente variable: continua o discontinua, parejamente dispersa o en parches, abundante o escasa. Dependiendo de diversos factores (distribución, abundancia de madera, necesidades del grupo, etc.), la gestión del material leñoso puede ser una actividad con alto gasto energético, por lo tanto, a menor distancia mayor rendimiento. El trabajo llevado a cabo por Henry y coautoras (2009) permite documentar entre los Évenke de la región de L'Amour (Siberia sur-oriental) que el territorio de abastecimiento de madera recorrido por los integrantes de esta familia es muy inferior al explotado para el desarrollo de otro tipo de actividades (Henry *et al.*, 2009:30).

La recolección del combustible generalmente se ha caracterizado como una actividad que se desarrolla en el ámbito local, en un radio no muy alejado de los lugares de habitación. Siguiendo los modelos de área de forrajeamiento o foraging área, los radios de recolección según los datos etnográficos se sitúan entre 6 y 10 km desde los lugares de residencia (Binford, 1982; Kelly, 1995), donde entre otros recursos tendría lugar la recolección de la leña. Cabe señalar, sin embargo, que las pautas de movilidad de estos grupos estarían también



condicionadas por el sexo de las personas que llevan a cabo las actividades, ya que mientras las mujeres se focalizarían en la recolección de los recursos cotidianos (plantas, pequeños animales) que garantizan la mínima subsistencia diaria, los hombres recorrerían largas distancias para sus actividades cinegéticas. En consecuencia, la selección de los lugares de habitación debería permitir maximizar ambas actividades (Morgan, 2008).

Los conjuntos arqueobotánicos pueden reflejar los diferentes territorios de captación como resultado de los patrones de movilidad del grupo y de sus miembros. En este sentido no podemos asumir que todos los restos arqueobotánicos procedan de los alrededores del sitio. Sin duda la función para la que fueron recolectados puede ayudar a definir propuestas sobre las áreas de procedencia de las plantas. Así, mientras las maderas recolectadas para su utilización como combustible pueden ser de provisión local, dado su uso cotidiano, las maderas recolectadas para otras funciones (instrumentos) no tienen por qué responder a este patrón y su lugar de procedencia puede estar bastante alejado.

En su estudio sincrónico y diacrónico sobre el uso de los recursos vegetales en la Puna meridional argentina, más precisamente en el área de Antofagasta de la Sierra (prov. de Catamarca), Rodríguez (2004) no sólo plantea cambios en el uso de los recursos vegetales vinculados con los distintos paleoclimas a lo largo del Holoceno, sino también sugiere el uso diferencial de distintos microambientes dentro del área y la movilidad en pequeñas y grandes distancias. Sobre la base de la distribución actual de las comunidades vegetales, la autora determina las áreas de procedencia de las especies arqueológicas locales. Para el Holoceno temprano estima un radio de captación del material leñoso de 0-2,5 km desde el sitio Quebrada Seca 3 (QS3). Para el Holoceno medio y tardío los radios de captación de las especies habrían sido mayores: 0-2,5 y 2,5-17 km desde QS3 y 0-3 y 3-14 km desde los sitios ubicados en la localidad de Punta de la Peña (Rodríguez (2004:411). La autora argumenta que el deterioro climático ocurrido durante el Altitermal exigió cubrir distancias mayores para los mismos fines, lo cual también se evidencia en la movilidad a grandes distancias. En cuanto a las especies no locales, teniendo en cuenta el área de distribución de algunas de las documentadas en los sitios, la autora plantea que las distancias se incrementan abarcando todo el sector Noroeste argentino. Las especies documentadas son *Prosopis torquata*, *Salix humboldtiana*, *Trichocereus pasacana*, *Chusquea lorentziana*, *Rhipido cladum neumannii*, *Acrocomia* sp. y *Lagenaria*

sicceraria. Esto indica un aumento en el rango de movilidad (250 km aproximadamente) y/o la existencia de interacciones socioeconómicas con otras áreas, especialmente durante el Altitermal. Rodríguez (2004) interpreta estos resultados como la implementación de una movilidad logística (sensu Binford 1980), pautada entre puntos de intercambio bien establecidos dentro del área calculada de acuerdo con las evidencias recuperadas en los sitios.

Son numerosos los ejemplos que muestran en los conjuntos arqueobotánicos la presencia de plantas procedentes de ambientes alejados o que son incoherentes con las características ambientales, según criterios actualistas, de la mayoría de los restos arqueobotánicos. Hay que señalar aquí que los objetos de madera que caen en desuso pueden ser arrojados al fuego y utilizados como combustible aunque esta no fuese la función para la que fueran recolectadas estas especies. A partir del análisis de los carbones, no se puede determinar si estos responden a una recolección primaria o secundaria.

A modo de ejemplo se puede citar el sitio Cerro Casa de Piedra 5 (Santa Cruz, Argentina). En las estructuras de combustión de la Capa 3 de este yacimiento se recuperaron restos de *Festuca gracillima* Hooker f. -coirón- parcialmente carbonizada o sin carbonizar. La actual área de distribución de la especie no coincide con la ubicación del sitio. Además de la interpretación paleoambiental, la presencia de este taxón en la Capa 3 - ca. 4.900 -4.800 años AP-, permite sugerir a Rodríguez (2003-2005) una mayor movilidad y dispersión de los grupos cazadores-recolectores. Esta idea se sustenta en la teoría planteada por Miotti y Salemme (2001) sobre una mayor dispersión poblacional de los grupos cazadores recolectores para el Holoceno medio.

No obstante, cabe ser prudente en la extrapolación hacia el pasado de las actuales áreas de dispersión de las distintas especies vegetales. Es importante recordar que los paisajes actuales son el resultado de factores ambientales y sociales y que las distintas disciplinas que tratan de reconstruir la vegetación del pasado no permiten conocer con suficiente grado de detalle las áreas de distribución de las especies.

En lo que se refiere a la utilización de la madera como materia prima para la elaboración de instrumentos u objetos, en aquellos yacimientos caracterizados por una buena conservación de

materia orgánica, se ha podido documentar que la disponibilidad local de especies leñosas no es determinante para su consumo en la elaboración de instrumentos. En estos casos, es habitual el uso de maderas con determinadas características y/o propiedades aunque sean poco frecuentes en el entorno o haya sido necesario el transporte desde ciertas distancias.

La recuperación de una elevada cantidad de artefactos en el sitio arqueológico Punta de la Peña 4 -ca. 3900-500 años AP- (Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina) permitió evidenciar que, a pesar de que la mayor parte de las especies leñosas utilizadas en su confección procedían del área circundante al sitio arqueológico (Rodríguez, 2008:256), tres de ellos - *Prosopis alba*, *Sporobolus rigens* y *Trichocereus pasacana*- no se desarrollan en la misma. El uso de especies leñosas locales en la confección de artefactos también es poco frecuente en otros sitios analizados en la zona de Antofagasta de la Sierra). En el sitio Quebrada Seca 3, Rodríguez (1999, 2000) registró una elevada cantidad de especies alóctonas utilizadas para elaborar artefactos, especialmente durante el Holoceno temprano y medio.

Otros ejemplos que muestran diferencias en las estrategias de captación de recursos leñosos según la función lo encontramos en el Alero Don Santiago (valle medio del río Chubut, Argentina). La presencia de carbón con semejanzas anatómicas a *Nothofagus* sp., permite plantear a Marconetto (2002) que como esta especie crece muy lejos de allí -es decir, a una distancia no esperada para su recolección como combustible-, los restos podrían corresponder al descarte de un artefacto. Existen fuentes etnográficas (Nacuzzi y Pérez de Micou 1983-1985) que documentan la utilización de especies de *Nothofagus* sp. para la confección de la estructura de sostén de los toldos.

El modo de explotación de los recursos es otro factor que puede influenciar en el grado de movilidad de un grupo cazador-recolector. El almacenamiento de troncos o varias ramas en el interior de una cueva puede disminuir notablemente la movilidad residencial. Sin embargo, el acopio de productos vegetales es extremadamente raro en economías de grupos cazadores-recolectores (Testart, 1979). En comparación con las sociedades sedentarias, entre sociedades cazadoras-recolectoras la inviabilidad del transporte de grandes cantidades de leña así como el menor volumen de madera necesario para el desarrollo de actividades específicas, podría incidir negativamente en la práctica de almacenamiento del material leñoso. No obstante, es una

modalidad que no debería descartarse como gestión del combustible entre grupos cazadores-recolectores.

### **2.3 DURACIÓN, FUNCIONALIDAD DE LA OCUPACIÓN Y MATERIAL LEÑOSO**

La explotación de la biomasa vegetal está condicionada por aspectos relacionados con las actividades concretas de cada grupo. Los requisitos energéticos serán diferentes si la duración de la ocupación es de algunos pocos días, de semanas o si se trata de asentamientos de tipo semisedentario. Por lo tanto, la duración y funcionalidad de la ocupación de un sitio determinarán las prácticas de adquisición del material leñoso. A su vez, el grado de transformación del entorno también estará relacionado con estas mismas variables (Buxó y Piqué, 2008).

A partir de los trabajos llevados a cabo en el Abric Romaní citado anteriormente, Allué (2002) sugiere que la disponibilidad de madera de pino en las formaciones vegetales del Paleolítico Superior y la abundancia de leña producida por esta especie definen determinados patrones de aprovisionamiento de los grupos cazadores-recolectores. Como se planteó anteriormente, Allué (2002:313) plantea un modelo según el cual la abundancia de materia prima vegetal permite a los cazadores-recolectores realizar un aprovisionamiento suficiente de material leñoso durante ocupaciones de corta duración.

Alternativamente la recolección de madera muerta -ya sea en el suelo, aun en pie colgada de los árboles o flotando por los ríos o mares-, posibilita un uso inmediato del material leñoso (Théry-Parisot, 1998; Alix, 2001; Allué, 2002; Alix y Brewster, 2004; Théry-Parisot y Texier, 2006). El ataque fúngico y bacteriano que afecta en forma desigual al material muerto (Blanchette, 2000; Moskal-del Hoyo et al., 2010; entre otros), por esto las propiedades de las maderas se ven alteradas para cada especie vegetal. Sin embargo, según Théry-Parisot (2001) el uso de madera muerta es totalmente adaptable a todas las funciones de un fogón ya que, a la

hora de recolectar el material leñoso también entrarán en juego variables tales como el calibre, el estado fisiológico, etc.

El modelo de estudio basado en el análisis de marcas diagnósticas de madera alterada (Théry-Parisot, 1998, 2001) permitió a Théry-Parisot y Texier (2006) estudiar las prácticas de colecta de la madera en época paleolítica. El sitio musteriense de la Combette (Bonnieux, Vaucluse, France) parece haber funcionado como un campamento temporal orientado al tratamiento de los productos de la caza (Texier *et al*, 1998, 2005). En Combette el 70% de los carbones analizados presenta marcas características de ataque fúngico, evidencia que permite a Théry-Parisot y Texier (2006) plantear un tipo de recolección preferencial de madera muerta, vinculándola con ocupaciones temporales del abrigo (Texier *et al*, 2005; Théry-Parisot y Texier, 2006). La información palinológica y antracológica local (López Sáez *et al*, 1998; Théry-Parisot, 1998) demuestra para el período de ocupación de Combette la presencia de un entorno forestal dominado -más allá de las modificaciones climáticas- por especies arbóreas. Según Théry-Parisot y Texier (2006) en este contexto la recolección casi sistemática de madera muerta puede responder a diversos objetivos. En Combette, varias especies leñosas han sido utilizadas y el estado de los carbones recuperados representa, según los autores citados, un argumento a favor del desarrollo de actividades especializadas en el refugio y de la corta duración de sus ocupaciones. De esta manera, los diferentes estudios llevados a cabo en Combette tienden a confirmar la hipótesis de que se trataba de un sitio de ocupación temporal en el que se desarrollaban básicamente actividades relacionadas con el proceso de caza (Théry-Parisot y Texier 2006:460-461).

Siguiendo esta misma línea de trabajo, basada en el análisis de marcas diagnósticas sobre el estado fisiológico y fenológico de la madera, Chrzavzez (2006) estudia los restos leñosos del sitio paleolítico Fumane -90-80 000 y 20 000 BP- (Verona, Italia). *Larix decidua* Mill. -alerce europeo- es la especie arbórea con mayor representación en este sitio. La presencia de más de un 80% de los carbones con alteraciones por el ataque de hongos y bacterias y el diámetro de la madera puesta al fuego (inferior a 15 cm), permiten sugerir a esta autora una recolección de madera muerta disponible y abundante en un entorno caracterizado mayoritariamente por la presencia de *Larix decidua*.

Distintos estudios etnográficos (Nicholson, 1981; Gorecki, 1991; Alix, 1998; Walthall, 1998; entre otros) documentan la recolección de madera muerta entre grupos cazadores-recolectores. Este tipo de práctica responde a necesidades inmediatas de combustible en contextos de grupos de alta movilidad. En su trabajo sobre el alcance y duración de las actividades llevadas a cabo en los abrigos rocosos por parte de distintos grupos cazadores-recolectores de Papúa (Nueva Guinea) Gorecki (1991) plantea que la utilización de estos refugios siempre está asociada con el fuego. La primera actividad llevada a cabo es el encendido de un fuego, en general con madera seca.

La necesidad de combustible para un fogón destinado a la iluminación no será la misma que el de una estructura de combustión empleada para la cocción de alimentos. Lo mismo sucederá en fogones que permanecen encendidos durante un largo tiempo y aquellos que sólo funcionarán unos pocos días. Entre los Fang de Guinea Ecuatorial, Picornell Gelabert (2009) pudo documentar, por ejemplo, que ante el uso prolongado de los hogares estos grupos demostraban una marcada preferencia por el combustible de grandes diámetros –aprox. 20 cm– ya que el mismo les permitía la posibilidad de mantener un fuego duradero. A pesar de conocer perfectamente las especies vegetales, las mujeres fang recogen los troncos en base al diámetro, considerado óptimo, para abastecer sus hogares (Picornell Gelabert, 2009:145).

La ubicación del sitio (a cielo abierto, en cuevas, aleros, etc.), así como sus condiciones (contexto húmedo, seco) también influirá en el combustible consumido. En síntesis, en un sitio ocupado por un período corto de tiempo (campamento transitorio), las ramas y troncos muertos secos en el suelo constituyen probablemente una reserva de primera elección. Contrariamente, en un sitio ocupado por tiempo prolongado (campamento base) existirá la posibilidad de practicar diferentes modos de obtención de material leñoso.

El material leñoso puede conformar un recurso primario, es decir madera recolectada expresamente para la combustión, o bien depender del desarrollo de otras actividades. La duración de la ocupación de un sitio puede determinar un aprovisionamiento directo del combustible o favorecer el reaprovechamiento de los excedentes de otras actividades, como puede ser la fabricación de objetos de madera (Allué, 2002).

En la Balma del Gai -ca. 12.000-8.500 BP- (Bages, Barcelona), a pesar de que hasta el momento no se han identificado hogares estructurados, la mayoría de los carbones recuperados son considerados residuos de combustión fruto de la utilización de la madera como leña (Allué *et al.*, 2007). Cabe destacar la continuidad de la explotación de pino en toda la secuencia, entre otras cosas debido a su disponibilidad, mayor producción de madera muerta y facilidad de la recolección. No obstante, según la autora la explotación de otras especies puede estar relacionada con otras actividades que se lleven a cabo en el abrigo. Por ejemplo, la presencia de abedul en el yacimiento puede estar relacionada con la fabricación de objetos (Allué *et al.*, 2007:94), lo que corrobora la existencia de distintos patrones de aprovisionamiento de madera según la función.

Las modalidades de adquisición del material leñoso así como la leña obtenida se encuentran relacionadas básicamente con la función y uso del combustible. Durante la ausencia de nieve, los Évenks (Siberia sur-oriental) realizan fuegos especializados en el exterior. Durante este período los integrantes de este grupo pueden obtener leña recolectando madera muerta en el suelo o mediante el corte de madera en pie. No obstante, según lo observado por Henry y coautoras (2009) es el estado fisiológico de la madera el que determina en este caso las modalidades de obtención del combustible. Los fuegos destinados a ahuyentar los insectos requieren la combustión de madera verde, mientras que el ahumado de las pieles se realiza únicamente con madera muy alterada recolectada del suelo del bosque (Henry *et al.*, 2009:32).

A modo de conclusión se puede considerar por lo tanto que entre los grupos cazadores recolectores la funcionalidad y duración en la ocupación de los sitios están condicionados por la organización socioeconómica, que a su vez determina las pautas de movilidad. La función/funciones otorgadas a las estructuras de combustión y el tiempo de ejecución de las mismas determinarán la adquisición del combustible leñoso. La gestión del material leñoso, como cualquier otro recurso, deberá ser entendida por lo tanto como un conjunto de elementos que interactúa y a la vez condiciona las distintas modalidades de adquisición y uso de esta materia prima.



## 2.4 PROPIEDADES DE LAS MADERAS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL COMBUSTIBLE LEÑOSO

Las propiedades físico-químicas de la madera pueden llegar a ser un factor de selección del material leñoso (Zapata, 2007), por ejemplo, puede existir el rechazo a ciertas especies vegetales por determinados factores –producir excesivo humo durante su combustión, etc.-. Existen estudios etnográficos y etnoarqueológicos que demuestran cómo algunas especies vegetales son utilizadas para varios usos, mientras que determinados taxones son descartados para su combustión (Peña-Chocarro *et al.*, 2000; Zapata *et al.*, 2003; Picornell Gelabert *et al.*, 2011; entre otros). El trabajo realizado por Henry y coautoras (2009), ya citado, documenta el caso de una familia Évenke de la región de L'Amour en Siberia sur-oriental, que considera una misma especie vegetal (*Larix cajanderi* –alerce-) viable para varios usos y evita el consumo de otra (*Betula pendula* –abedul-) por miedo al perjuicio del bienestar familiar y de los animales (Henry *et al.*, 2009: 27). Esto pone en evidencia aspectos de orden mágico-simbólico difíciles de ver en el registro arqueológico.

Según Gusinde (1937) el denso humo provocado por la combustión de madera de *Drimys winteri* Forest. –canelo- era un factor de rechazo en la utilización de esta especie para el encendido de los fuegos entre los Yámana de Tierra del Fuego. No obstante, la madera de esta misma especie era utilizada por estos grupos para la confección de armazones de canoas y mangos de venablos (Gusinde, 1937).

En su estudio del concepto de diversidad vegetal, Contreras Fernández (2009) manifiesta que la cultura mapuche poseía un sistema de clasificación etnobotánico de gran riqueza y complejidad, el cual demostraba un conocimiento diversificado del uso y variabilidad del bosque nativo. Estos trabajos ilustran el conocimiento de distintos grupos sobre el entorno vegetal y un determinado tipo de selección en cuanto a la utilización de las especies vegetales. Según Contreras el bosque tuvo extraordinaria importancia para los mapuches, entre otros como fuente de plantas medicinales, muchas de las cuales fueron elevadas a categorías religiosas debido a su extrema relevancia. Las plantas seleccionadas eran generalmente preparadas e ingeridas como infusiones o aplicadas directamente en el lugar de la dolencia. Un ejemplo concreto es el preparado de infusiones de *Erythraea chilensis* Pers. para distintos fines

terapéuticos, la utilización de *Buddleja globosa* Hope –matico- o *Araucaria araucana* (Mol.) Koch. –pehuén- como cicatrizantes (Contreras Fernández, 2009:160). Otro tipo de necesidades, además de las medicinales, fueron cubiertas con el uso de determinadas especies leñosas. Según este autor los mapuches utilizaban *Colletia spinosissima* J. F. Gmel -espino negro- como insecticida (Contreras Fernández, 2009:203).

Por su parte Burmeister (1888) comenta que los “indios” de la actual provincia de Chubut (Patagonia argentina) extraían resina de *Duvana magellanica* la cual utilizaban para fijar los raspadores de sílice sobre trozos de madera (Burmeister, 1888: 209).

El naturalista suizo Jorge Claraz (1865-1866) en su viaje de exploración a la parte septentrional de la Patagonia hasta el río Chubut (prov. Chubut, Argentina) hace mención a la búsqueda y adquisición de dos especies vegetales para determinados usos por parte de los grupos denominados Pampa. Según Claraz, estos grupos mostraban cierto aprecio por un arbusto, al que llaman gitscha, que segrega materia cerosa por sus ramas. Según este autor, la combustión de este arbusto es buena a pesar de encontrarse verde. Los pampas quemaban sus ramas y debajo colocaban una bandeja con agua, donde se recogían las gotas negras de cera liberadas por la quema del arbusto. Una vez obtenida la cera – itschó- se juntaba y se masticaba (Claraz, 1865-1866:45). Otra especie vegetal era utilizada por los pampas para la manufactura de un determinado tipo de instrumento. Según este autor estos grupos excavaban la tierra con un cuchillo para obtener las raíces de una planta con flores blancas, la cual utilizaban en la confección de peines en forma de escobilla. El peine, así como la planta utilizada en su fabricación era denominada por los pampas yahepel (Claraz, 1865-1866:46).

No obstante, cuando se habla de selección de combustible generalmente se relaciona esta actividad únicamente con la elección o exclusión entre especies vegetales. Además se le adjudica un carácter universal, es decir que todas las sociedades actuaron y actúan de este modo.

Existe la tendencia a clasificar las especies leñosas como buen o mal combustible. Normalmente suelen clasificarse como “mal combustible” aquellas especies vegetales que arden rápidamente, chispean o humean. Mientras que aquellas maderas densas que arden

lentamente son consideradas como “buen combustible”. La noción de buen o mal combustible se refiere a criterios actuales de combustión, no está fundamentada en el poder calórico de las distintas especies leñosas, sino más bien en la resistencia o ligereza de las mismas ante el proceso de combustión. Por ello, sería un error pensar que una especie que arde de una u otra manera libera por esta razón más o menos calor total que otra especie. Las propiedades del combustible (duración de calcinación, poder calórico, inflamabilidad, persistencia y altura de las llamas) no depende únicamente de la especie vegetal. Existen distintas variables: la morfológica de la madera (diámetro, tamaño), su estado (verde, seco, alterado, etc.) que pueden condicionar el comportamiento de la madera ante el fuego. En verdad, la cuestión del buen combustible depende, en última instancia, de la utilización que se le vaya a dar al material leñoso, es decir de la adecuación de la combustión a la finalidad para la que se prende un fuego, el cual puede requerir de humareda, combustión rápida o lenta, etc.

Son muchos y variados los usos que se dio y continúa dando al combustible vegetal: iluminación, transformación de materias primas, calefacción, protección, cocción de alimentos, etc. Cada uno de estos usos requiere la utilización de combustibles apropiados. De esta manera, maderas que produzcan humo serán “buenas” si la intención es ahumar alimentos o ahuyentar insectos, pero serán juzgadas como “malas” si se utilizan en fuegos con otra funcionalidad.

Dado que la noción de buen o mal combustible se refiere a criterios actuales de combustión, sería preciso puntualizar que la manera en que interactúa una sociedad cazadora-recolectora con su entorno natural para obtener combustible vegetal no tiene porqué basarse necesariamente en estos mismos criterios (diferenciación entre especies según poder calórico, etc.). De hecho, la presencia de un conjunto de especies vegetales y la adaptación de sus propiedades a usos específicos podría perfectamente desplazar la noción de buen o mal combustible antes desarrollada. Distintos estudios han demostrado claramente que la velocidad de combustión aumenta cuando el calibre de la madera disminuye. Cuanto más elevada es la tasa de humedad de la madera, más débil es su poder calórico y mayor la altura de sus llamas. Por el contrario, cuando los niveles de humedad cambian, es decir en maderas con una tasa de humedad más débil, la calcinación es larga y más persistente la llama. (Chabal, 1997; Théry-Parisot, 1998, 2001; Chabal *et al.*, 1999; Théry-Parisot *et al.*, 2009). Las coníferas, por ejemplo,

debido a su contenido en resina tienen un mayor poder calórico. Sin embargo, factores como la humedad y el tamaño de la leña pueden condicionarlo mucho más que la especie (Zapata, 2007).

Como se ha podido apreciar, la calificación de “buen” o “mal” combustible no es en absoluto una definición precisa. Por lo tanto se hace necesario remplazar esta noción por criterios cuantificables tales como el poder calórico, la persistencia y altura de la llama, la inflamabilidad y la duración de la calcinación (Théry-Parisot, 1998; Joly, 2008; Caruso Fermé y Thèry-Parisot, 2011; entre otros). El poder calórico -cantidad de calor liberado por la combustión completa de una unidad de masa- es quizás la medida más conocida para definir la capacidad de combustión de la madera. El poder calórico se encuentra en relación con la tasa de humedad de la madera. El agua, material incombustible, requiere mucha energía para poder evaporarse. Si la tasa de humedad es alta, el poder calórico de la madera bajará, es decir, que a mayor tasa de humedad menor poder calórico y viceversa. El poder calórico también se encuentra en relación con la composición química de cada especie, que difiere entre una y otra. La morfología y el estado de la madera (sano, alterado, verde, seco) son otras variables que pueden llegar a modificar las propiedades de combustión –poder calórico, inflamabilidad, temperatura de la combustión, duración de la llama- de una especie leñosa (Chabal, 1992.; Théry-Parisot, 1998).

Por lo tanto, el estado de la madera es un criterio particularmente importante para comprender la gestión del combustible entre grupos del pasado. Las dimensiones, diámetro y estado del material leñoso pueden hacer variar las propiedades de combustión de las distintas especies leñosas. Con el objetivo de poder caracterizar la gestión del combustible, distintos autores se han dedicado al estudio de determinadas marcas anatómicas –grietas de contracción, vitrificación, alteraciones fúngicas- (Théry-Parisot, 1998, 2001, Blanchette, 2000; Allué, 2002; Carrión 2002; Carrión y Badal, 2004; Théry-Parisot y Texier, 2006; Euba, 2008; Euba *et al.*, 2010; Mcparland *et al.*, 2010; Moskal-del Hoyo *et al.*, 2010; Caruso Fermé y Théry-Parisot, 2011; Vaschalde *et al.*, 2011; Théry-Parisot y Henry, 2012; entre otros) y el desarrollo de investigaciones orientadas a la medición de calibres de las maderas (Marguerie, 1991, 1992; Alix, 2001; Dufraisse, 2002, 2006; Ludemann, 2002, 2006; Chrzavzez, 2006; Marguerie y

Hunot, 2007; Paradis, 2007; Dufraisse y García Martínez, 2011; Marguerie, 2011; Chrzavzez *et al.*, 2012; Caruso Fermé *et al.*, en prensa; entre otros).

La búsqueda y adquisición del material leñoso supone un buen conocimiento del entorno natural por parte de los grupos que lo habitan. No obstante, cabe tener presente que el conocimiento al que se hace referencia no sólo hace alusión a las especie vegetales sino a todos los elementos que, de manera directa o indirecta, interactúan y condicionan la gestión del material leñoso y el proceso de la combustión.

En la adquisición del material leñoso existen diversos parámetros que juegan un rol fundamental. Sin embargo, aun considerando que la selección del combustible pueda estar basada en criterios tales como el estado de la madera (verde, seco, sano, etc.), su obtención también estará condicionada por la disponibilidad y abundancia en el entorno natural, como ya se ha mencionado.

## **2.5 PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL MATERIAL LEÑOSO A PARTIR DEL ESTUDIO ANTRACOLÓGICO**

El análisis arqueobotánico posibilita un acercamiento a aquellas actividades que pudieran estar relacionadas con la gestión de los recursos vegetales por parte de los distintos grupos del pasado. Conocer el papel que jugaron estos recursos dentro de una sociedad brindará una mejor aproximación a la dinámica social y económica de un grupo. Sin embargo, en muchos casos la falta de información, la juventud de la disciplina o la carencia de preguntas adecuadas al registro, genera que la antracología sea aun considerada una “disciplina de anexo” incapaz de poder estudiar e interpretar el comportamiento de distintas sociedades del pasado (Allué, 2002).

El estudio taxonómico del material leñoso es sumamente valioso e importante dentro del marco de un proyecto arqueológico. El mismo aporta no sólo información de carácter

paleoambiental, sino también sobre cómo se llevó a cabo la obtención, el procesado y el consumo de las especies leñosas por parte de los integrantes de un determinado grupo. No obstante, si bien el estudio taxonómico proporciona datos relevantes y únicos sobre la gestión de los recursos leñoso (que especies se utilizan y con que intensidad) no puede dar información sobre otros aspectos igualmente importantes que, como hemos señalado en el apartado anterior, permiten caracterizar las modalidades de adquisición del material leñoso.

El objetivo general de este estudio, como ya se ha manifestado a comienzos del trabajo, es caracterizar las estrategias de gestión de los recursos leñosos de los grupos cazadores-recolectores patagónicos. Se pretende ir más allá de la determinación de las especies consumidas, es decir entender las modalidades de adquisición y uso del material leñoso y definir los criterios que rigieron la selección de los recursos leñosos para ser utilizados como combustibles y materia prima. Por lo tanto, además de determinar la especie es necesario caracterizar la morfología de la madera utilizada, así como su estado (sano, alterado, verde, seco, etc.).

Se entiende por modalidades de adquisición del material leñoso, a aquellos modos de actuación que los distintos grupos llevan a cabo en el proceso obtención de la madera. Por una parte estos modos de actuación hacen referencia a las estrategias orientadas a obtener determinados taxones (arbóreos, arbustivos) o a explotar tipos de hábitat (bosques de ribera, estepa arbolada, etc.) que implican la selección de unas áreas de captación del combustible o de determinadas especies según su porte. Pero por otra parte, estos modos de actuación se refieren también a las actividades concretas de obtención de la madera que pueden implicar la recolección de madera muerta, corte, arrastre de troncos, etc. Las modalidades de adquisición están condicionadas por la disponibilidad del material leñoso en el ambiente, pero a su vez se encuentran determinadas por las necesidades sociales, las estrategias económicas y los modos de organización de cada sociedad.

Se parte de la hipótesis que la gestión del material leñoso por parte de las sociedades cazadoras-recolectoras patagónicas estuvo condicionada y determinada por la movilidad, la duración y la función de las distintas ocupaciones. Esto significa que, según el caso, el consumo de este recurso habría comportando el desarrollo de distintas modalidades de

adquisición del material leñoso, propiciando por ejemplo el uso selectivo de determinadas especies o tipos de madera (el aprovechamiento de leños de gran tamaño, la recolección de madera producto de la poda natural del bosque, etc.).

La identificación taxonómica de carbones y maderas posibilita analizar la gestión del material leñoso por parte de los ocupantes de un sitio arqueológico. La existencia de determinados taxones en el registro antracológico puede ser indicativa de modalidades de uso de los recursos, por ejemplo de una selección intencional de especies determinadas o de cambios en las áreas de captación donde se ha llevado a cabo la adquisición del material leñoso. No obstante, las diferencias entre contextos no siempre son fáciles de interpretar.

La realización de estudios taxonómicos ha demostrado, en algunos casos conjuntos ricos en taxones y otros conjuntos con una lista pobre en especies leñosas. La explicación de las causas de esta diversidad taxonómica entre yacimientos o contextos es una de las grandes cuestiones que se han abordado en antracología.

Sobre la alta diversidad de taxones existen varias interpretaciones. Por un lado, puede ser tanto resultado de una adquisición no selectiva de las especies, como de una recolección al azar (Solari, 1993; Chabal, 1997; Badal, 2001, entre otros). En este sentido, se espera que un entorno rico en especies favorecerá la presencia de muchos taxones en los conjuntos arqueobotánicos (Joly, 2005). Pero por otro lado, la alta diversidad en un conjunto puede estar mostrando la acumulación de diversos eventos de recolección y por lo tanto también diferentes áreas de captación. Por su parte, la pobreza taxonómica ha sido interpretada como resultado de una adquisición puntual del material leñoso, una recolección selectiva de especies (Allué, 2002; Théry-Parisot, 2005; Uzquiano, 2005; entre otros), un evento concreto de combustión o directamente el reflejo de un medio ambiente pobre en especie vegetales leñosas.

La mayor o menor riqueza florística en la lista de especies vegetales presentes en los conjuntos antracológicos no es indicativa, por si sola, de la duración de la ocupación. Chabal (1992) propone que existe una correlación directa entre la duración de la ocupación y la superficie de espacio vegetal muestreado por el grupo para la recolección de la madera. En ocupaciones breves la superficie recorrida para el aprovisionamiento de leña será menor que

para ocupaciones prolongadas. En éste último caso, dado que las necesidades energéticas también son diferentes, la adquisición reiterada de material leñoso sobre una misma zona puede provocar la disminución de madera –producto de poda natural- obligando de esta manera a ampliar las áreas de captación. Comportamientos de este tipo han sido observados etnográficamente, siendo la escasez del combustible vegetal uno de los motivos para cambiar a otras zonas de recolección (Shackleton y Prince, 1992). Sin embargo no es establecer una relación directa entre duración de la ocupación y diversidad de los conjuntos.

La determinación taxonómica de los restos permite conocer, además de la especie, el tipo de porte (árbol, arbusto) y también inferir la procedencia ecológica de las especies consumidas, es decir caracterizar los paisajes donde se captó el combustible.

Sin embargo estos datos no son suficientes para comprender las modalidades de adquisición del material leñoso. Es poca la información que este acercamiento puede proporcionar sobre la practica realizada en la obtención de la madera, que variará según las diversas modalidades de adquisición. El contexto arqueológico y un buen conocimiento de los procesos de formación de los conjuntos arqueobotánicos pueden ayudar a determinar la causa de la diversidad taxonómica. Cabe tener presente que la identificación de especies leñosas no es un fin en sí mismo (Chabal *et al.*, 1999), por lo que es necesario trabajar en forma conjunta todos los datos de un sitio para poder así realizar interpretaciones globales y no analogías.

La cantidad de restos recuperados en un sitio arqueológico también suele ser relacionada algunas veces con la duración de ocupación. Frecuentemente se piensa en la existencia de una vinculación directa entre la cantidad –abundancia- de carbón y la duración de ocupación de un sitio e intensidad de utilización de un fuego (Théry-Parisot *et al.*, 2010). Si se parte de esta premisa, la recuperación de abundante carbón en un sitio arqueológico puede ser interpretada como reflejo de una larga ocupación. No obstante, la cantidad de residuos no depende del volumen de madera quemada sino, entre otras cosas, de la oxigenación del fogón donde se quemó el material leñoso (Théry-Parisot *et al.*, 2010). Cuanto mayor sea la oxigenación menores serán los restos de la estructura de combustión. El estado mismo del combustible, así como de los procesos de formación y postdeposicionales son factores que también influirán en la cantidad de carbón presente en un sitio arqueológico. Por lo tanto, la cantidad de carbón



tampoco es un buen indicador de la duración de la ocupación de un sitio por parte de un grupo.

El análisis de las alteraciones presentes en el carbón arqueológico permite comprender la transformación del material leñoso, pero también estudiar las distintas modalidades de su adquisición por parte de los distintos grupos humanos.

Las alteraciones que se producen durante la combustión se encuentran directamente relacionadas con las condiciones de la madera utilizadas en el desarrollo de un fuego. Maderas verdes o degradadas por el ataque de microorganismos no se transformarán de la misma manera por la acción del fuego. La presencia de grietas en los carbones suele considerarse un indicador potencial del contenido inicial de humedad de la madera puesta al fuego y, por ende, un elemento discriminador de la utilización de madera verde o madera seca. No obstante, distintos trabajos experimentales, entre ellos uno realizado con especies arbóreas nativas del bosque andino patagónico (Caruso Fermé y Théry Parisot, 2011), demuestran, por un lado, que las grietas radiales de contracción pueden producirse en cualquier tipo de madera cualquiera sea su estado. Por otro lado, también permiten concluir que la presencia de grietas debe ser interpretada como un resultado directo del proceso de calentamiento normal de la madera puesta al fuego y no como consecuencia del estado de la misma.

Las alteraciones (grietas de contracción, alteraciones por microorganismos, etc.) son consideradas indicativas del estado de la madera puesta al fuego. La identificación y análisis de estas anomalías posibilita en primer lugar, diferenciar entre madera sana y alterada. La madera alterada posee menor calidad térmica debido a los ataques de hongos y bacterias (Théry-Parisot y Texier, 2006). No obstante, los insectos xilófagos pueden atacar tanto madera muerta como viva, por lo que la presencia o ausencia de marcas entre el material arqueológico no debe ser interpretado como la representación de madera muerta (Théry-Parisot, 1998; Dufraisse, 2006).

La caracterización de las modalidades de adquisición del material leñoso constituye para algunos investigadores un importante indicador para la determinación de la duración de la ocupación de los sitios arqueológicos prehistóricos (Théry-Parisot, 1998; Chrzavzez, 2006;

Théry-Parisot y Texier, 2006; Chrzavzez *et al*, 2012). La duración de ocupación de los sitios condiciona las prácticas de obtención de la madera; por ejemplo, en un sitio de ocupación breve la presencia de madera muerta seca en el suelo constituye una reserva de combustible de primera elección para un grupo que no dispone de tiempo necesario para el secado de la madera cortada. Por el contrario, en aquellos sitios con una duración de ocupación más prolongada en el tiempo (campamento base o diversas reocupaciones) será posible llevar a cabo distintas modalidades de obtención del material leñoso: recolectar, pero también cortar/quebrar madera en pie y almacenarla para su secado (Théry-Parisot, 1998; Chrzavzez, 2006). Este tipo de material presenta mejores calidades térmicas que la madera recolectada del suelo, afectada por las alteraciones de distintos microorganismos (Théry-Parisot, 1998, 2001).

Una de las propuestas de aproximación a la caracterización de los modos de adquisición de la madera, parte de la definición de los calibres del material leñoso arqueológico (Dufraisse, 2002, 2006; Chrzavzez, 2006; Paradis, 2007; Chrzavzez *et al*, 2012; Caruso Fermé *et al*, en prensa). El reconocimiento de las diferentes modalidades de obtención del material leñoso puede ser un elemento suplementario que permita definir la duración de ocupación de un sitio arqueológico (Théry-Parisot et Meignen 2000; Chrzavzez, 2006). Aquellas estrategias basadas en la recolección de madera muerta procedente de la poda natural, podrían sugerir ocupaciones de corta duración y alta movilidad (Chabal 1992; Théry-Parisot 1998). Esto se evidencia a través de la presencia de material leñoso de calibres mayoritariamente inferiores a 10 cm y puntualmente de grandes calibres, es decir como un reflejo de la poda natural del bosque (ramas pequeñas y ocasionalmente árboles caídos). Por el contrario, en sitios con un período largo de ocupación o reocupación las modalidades de adquisición del material leñoso pueden tener implicaciones en lo que se refiere a como se lleva a cabo la adquisición de la madera, como por ejemplo desraizar y transportar troncos muertos o cortar y almacenar leña, que aludan a una gestión a largo plazo (Chrzavzez *et al*, 2012; Caruso Fermé *et al*, en prensa). En este caso el material recuperado evidenciaría todas las clases de calibres, ya que una población en pie presenta una mayor diversidad de individuos, y por ende, la diversidad de calibres que lo componen será más amplia.

Existen contextos particulares en los cuales el material leñoso se encuentra en perfecto estado de conservación. En los casos en los que se conserva la corteza, es posible la

observación del último anillo de crecimiento antes del crecimiento de la misma. Este estudio permite estimar el momento del ciclo vegetativo en el que se encontraba la planta cuando cesó su crecimiento, ya sea porque fue cortada o por causas naturales. La madera muerta en el suelo del bosque puede representar un período largo de acumulación y se puede producir en distintos momentos. Por ello su recolección no reflejará la estación en la que se llevó a cabo la obtención del material leñoso, sino el periodo vegetativo en el que cada una de las maderas recolectadas dejó de crecer. Como se señaló anteriormente, la corteza de las maderas analizadas simplemente determinará la estacionalidad en que los leños dejaron de crecer, por lo que la información obtenida no debe ser considerada evidencia ligada a la estacionalidad de ocupación del nivel arqueológico. Pese a ello estudios de estas características pueden contribuir a su vez a comprender las modalidades de recolección y proceso de formación del conjunto. De esta manera la recolección de madera producto de la poda natural debería reflejar diferentes momentos de muerte de las ramas o troncos, ya que las mismas podrían cesar su ciclo vegetativo en distintas épocas del año por múltiples causas (viento, nieve, etc.). En cambio la obtención de madera en pie puede dar como resultado troncos o ramas que hayan cesado su crecimiento al mismo tiempo, y por lo tanto coincidir todos los restos en una misma estación.

El estudio de instrumentos u objetos confeccionados en material leñoso es otra posibilidad de apreciar el conocimiento que los integrantes de un grupo podían tener del entorno vegetal que ocupaban (Chabal y Feugère, 2005). La presencia o ausencia en el registro arqueológico de restos de la especie leñosa utilizada en la elaboración de un instrumento permite comprender las modalidades de adquisición de la madera y los posibles usos otorgados. La presencia de una determinada especie vegetal aprovechada como materia prima puede reflejar los diferentes territorios de captación en el marco de los patrones de movilidad del grupo y de sus miembros.

Por su parte, el estudio de partículas sedimentarias y minerales presentes en carbones y maderas arqueológicas puede contribuir a entender cuáles son los elementos y procesos responsables de la incorporación y/o pérdida de dichas partículas y precipitados minerales en la madera, tanto en su lugar de crecimiento, como durante las etapas y modalidades de su utilización (Durand and Shelley, 1999) hasta su posterior enterramiento en un yacimiento arqueológico. El estudio de la composición química y las causas de su variación en el material leñoso, permite determinar el origen del material leñoso arqueológico (Caruso Fermé, en

prensa; Caruso Fermé e Iriarte, en prensa). Evidencia que contribuye, no sólo en el conocimiento de las distintas modalidades de adquisición de la madera por parte de los ocupantes de un sitio, sino también permite inferir posibles vías de circulación o movilidad en cuanto a la obtención de recursos leñosos.

En síntesis, la determinación taxonómica y el registro de distintas variables tales como el estado de la madera, morfología, composición química, etc., posibilitarán reconocer las modalidades de adquisición. Se considera por lo tanto, que la identificación y caracterización de las distintas modalidades de adquisición, selección y uso de los recursos leñosos permitirá la contrastación de la hipótesis planteada. Por ello, el estudio de los restos de madera carbonizada y sin carbonizar debe partir de:

- **la identificación taxonómica**, ampliamente desarrollada dentro del campo de la arqueobotánica (Vernet, 1973; Schweingruber, 1990; Chabal, 1997; Chabal *et al.*, 1999; entre otros)

- **la determinación de las alteraciones del carbón**, relacionadas con el crecimiento de la madera y aquellas producidas durante la combustión de la madera. Entre las primeras se encuentran todas aquellas básicamente vinculadas con el crecimiento de la planta, además de las alteraciones producidas por microorganismos: ataque de insectos xilófagos, hifas y micelios (Théry-Parisot, 1998, 2001; Carrión 2002; Carrión y Badal, 2004; Euba *et al.*, 2010; Moskal-del Hoyo *et al.*, 2010; etc.). Entre las segundas se hallan las relacionadas con el proceso de combustión: grietas de contracción y vitrificación (Théry-Parisot, 2001; Allué, 2002; Euba, 2008, Euba *et al.*, 2010; entre otros).

- **el estudio del calibre de carbones y maderas**. Diversos autores han concentrado sus investigaciones en la búsqueda de métodos que permitan caracterizar los calibres de la leña usada en fogones arqueológicos (Marguerie, 1992, 2002; Dufraisse, 2002, 2006; Ludemann, 2002, 2006; Nelle, 2002; Chrzavzez, 2006; Marguerie *et al.*, 2007; Paradis, 2008; Chrzavzez *et al.*, 2011). El estudio del diámetro del material leñoso arqueológico representa una posible vía de discriminación entre las distintas modalidades de adquisición de la madera (Chrzavzez, 2006; Chrzavzez *et al.*, 2012; Caruso Fermé *et al.*, en prensa).

- **la determinación de la estacionalidad mediante el análisis de la corteza.** En el plano transversal de la madera se pueden distinguir a nivel microscópico las células que se producen en los distintos períodos vegetativos, así como las diferencias existentes entre las células del inicio y término de cada crecimiento. La observación del último anillo de crecimiento, antes de la corteza, permite estimar el ciclo vegetativo en el que se encontraba la planta en el momento que cesó su crecimiento, ya sea porque fue cortada o por causas naturales. En contextos arqueológicos es poco frecuente la conservación de corteza, ya que normalmente en el proceso de combustión es lo primero en arder. Sin embargo existen contextos particulares en los cuales el material leñoso se encuentra en perfecto estado de conservación. Cabe aclarar, no obstante, que las maderas analizadas simplemente determinarán la estacionalidad en que los leños dejaron de crecer, por lo que la información obtenida no debe ser considerada evidencia ligada a la estacionalidad de ocupación del nivel arqueológico.

- **el estudio dendrocronológico en carbones arqueológicos.** La dendrocronología se basa en el fechado de las bandas de crecimiento radial de las especies leñosas (Douglas, 1914; Jansma, 1995, Schweingruber, 1982) y el trabajo sistemático en sitios arqueológicos es una pieza clave en la conformación y ampliación de las distintas series dendrocronológicas.

- **el estudio de la composición química de la madera y las causas de su variación en material arqueológico.** El estudio de partículas sedimentarias y minerales presentes en carbones y maderas arqueológicas puede contribuir a entender cuáles son los elementos y procesos responsables de la incorporación y/o pérdida de dichas partículas y precipitados minerales en la madera: comenzando por su lugar de crecimiento, las modalidades de utilización y su posterior enterramiento en un yacimiento arqueológico (Durand and Shelley, 1999, Caruso Fermé e Iriarte, en prensa). Con el objetivo de buscar un método para establecer un referente de valores en la distinción entre la madera flotada y no flotada, se estableció un ensayo de caracterización de la composición química de partículas y precipitados minerales en material leñoso experimental y arqueológico mediante el uso de un microscopio electrónico de barrido (Caruso Fermé, en presa; Caruso Fermé e Iriarte, en prensa).

-**el estudio de los procesos tecnológicos de instrumentos de madera.** El estudio de instrumentos o bienes de madera tiene por objetivo representar el proceso de producción y

uso de los mismos. Este estudio se centra en las etapas desde la adquisición de la materia prima hasta la obtención del producto final. También se buscan indicadores del uso que se le haya dado a ese objeto, a partir de la presencia de trazas macroscópicas y microscópicas que éste dejó en su superficie. El estudio se basa, por un lado, en la determinación de la materia prima vegetal y la parte anatómica empleada en la elaboración (Piqué, 2006; Caruso Fermé, 2008; Caruso Fermé *et al*, 2011; Palomo *et al*, 2011) por otro en el análisis morfológico de cada instrumento y finalmente en el examen traceológico de las distintas trazas observadas en la superficie de los instrumentos de madera.

Esta aproximación de trabajo aporta a la vez datos sobre la duración de la ocupación de los sitios arqueológicos y complementa el análisis e interpretación global de cada yacimiento, ya que consideramos que las modalidades de adquisición del material leñoso están relacionadas con la movilidad, la duración y función de cada sitio. Por otra parte, el estudio de los procesos tecnológicos de los objetos de madera, desde la determinación de la especie a los procesos de transformación y uso de las mismas, complementa la comprensión de las estrategias de gestión de los recursos leñosos, que como se acaba de señalar, pueden variar según la función a la que están destinadas las maderas.

A su vez, el desarrollo y análisis de combustiones experimentales con madera en distintos estados (seco-verde) del bosque andino patagónico permitirán corroborar esta hipótesis de partida. La experimentación se revela así como una metodología idónea en la investigación antracológica. Mediante la combustión controlada se permite no sólo indagar cómo y por qué se producen las alteraciones registradas en los carbones arqueológicos, sino también analizar alteraciones en la madera debido a procesos tafonómicos.

## **2.6 EL POBLAMIENTO DE LA REGIÓN PATAGÓNICA**

Como es bien sabido, los cambios climáticos a corto plazo característicos de la Transición Pleistoceno-Holoceno se manifiestan a través de un aumento en escala global de la

temperatura alrededor de 10.000 años atrás. En Patagonia esto produjo la deglaciación y fragmentación de los grandes campos de hielo, la formación de extensos lagos proglaciales en cuencas erosionadas previamente por el hielo y cambios en la dirección del drenaje de ríos (McCulloch y Morello, 2009). Con posterioridad a 10.000 AP se establecieron algunas de las características ambientales modernas: los ambientes de tundra próximos a la cordillera fueron reemplazados por bosques de *Nothofagus* y en la Patagonia extrandina las estepas herbáceas o arbustivas se alternaron en función de las variaciones de la temperatura y precipitaciones (Heusser y Rabassa, 1995; Borrero, 2001; Páez *et al.*, 1999, 2003) Borromei, 2003; Burry *et al.*, 2005).

La transición Pleistoceno-Holoceno fue una época crítica para la dispersión de las sociedades cazadoras-recolectoras de la región patagónica. Los profundos cambios climáticos que afectaron fuertemente las estructuras bióticas y abióticas de las diferentes regiones patagónicas generaron procesos prolongados de avances y retrocesos de grupos humanos en pro de afianzarse en aquellos nuevos espacios (Borrero, 1994-95, 2001, 2008; Borrero *et al.*, 2008; Miotti y Salemme, 1999, 2003, 2004, 2008, Scheinsohn, 2003, 2006). Es importante destacar que en algunas áreas arqueológicas como el Río Pinturas (Gradin *et al.*, 1976), el Parque Nacional Perito Moreno (Aschero *et al.*, 1981/82; Aschero *et al.*, 1992/93; De Nigris, 2004; entre otros), el área volcánica de Pali-Aike (Bird, 1988; Massone, 1981) entre otras, se pudieron constatar secuencias cronológicas más largas que llegan hasta los tiempos posthispanicos (síntesis en Miotti y Salemme, 2003).

El análisis de los contextos arqueológicos y fechados radiocarbónicos permite conocer la presencia de ocupaciones humanas durante la transición Pleistoceno-Holoceno en ambas vertientes de los Andes. En la vertiente occidental se registraron ocupaciones humanas con fechados radiocarbónicos comprendidos entre 13.000 y 10.500 años AP (Dillehay, 1989, 1997; Méndez *et al.*, 2009; Miotti y Salemme, 2004), que permiten vincular el sitio Monte Verde (Chile) con el modelo de poblamiento a través del borde del océano Pacífico (Bryan, 1978; Miotti 2003). En la vertiente oriental, las edades más antiguas se documentaron en Patagonia norte (Hajduk *et al.*, 2004; Barberena *et al.*, 2010), el Macizo Central del Deseado (Miotti y Salemme, 2004; Paunero, 2009) y el Parque Nacional Perito Moreno (Aschero *et al.*, 2005) en el centro-sur, en el extremo meridional (Bird, 1988; Borrero, 2001) y en el norte de Tierra del

Fuego (Massone *et al.*, 1993). Esto sugiere una ruta alternativa de poblamiento por el borde de la precordillera oriental. En cambio, en Patagonia centro-septentrional los contextos más antiguos no superan los siete mil años AP (Belardi, 1996; Gómez Otero y Bellelli, 2006), lo que podría ser debido según apuntan Gómez Otero y Bellelli (2006) a que aun no se han detectado sitios correspondientes a la transición Pleistoceno-Holoceno. Hacia 9000-8000 AP ya hay registro de ocupaciones en otros espacios de la región como la cuenca del río Limay en Patagonia noroccidental (Ceballos, 1982; Crivelli *et al.*, 1993; Crivelli *et al.*, 1996), el área del río Pinturas (Gradin *et al.*, 1976) y la cuenca superior del río Santa Cruz (Franco y Borrero, 2003). Según Borrero (2001) el número de sitios ocupados y las tasas de depositación registradas podrían sugerir la presencia de un éxito demográfico dentro del período 10.000 y 8.000 AP. Por otra parte también evidencian el uso de ambientes caracterizados por la escasez de agua, como por ejemplo: las mesetas o algunos campos volcánicos como el de Pali Aike.

Para el Holoceno medio, análisis polínicos permiten inferir un fuerte incremento las temperaturas (Hipsitermal) en los Andes de la Patagonia norte, en el distrito lacustre de Chile, y en los Andes fueguinos, donde el promedio anual de temperaturas aumentó al menos 2°C por encima de la actual (Heusser 1989a, 1989b). En base a la mayor cantidad de sitios arqueológicos fechados para este período, Miotti y Salemme (1999, 2004) plantean que entre de 8.5 ka AP y hasta el final del Holoceno medio el ambiente pudo sustentar una cantidad mayor de población humana, caracterizando lo que las autoras denominan la Fase de Consolidación Territorial.

En lo que se refiere al poblamiento de la costa atlántica y pacífica, los fechados más antiguos corresponden al Holoceno medio inicial (Orquera y Gómez Otero, 2008; Favier Dubois y Kokot, 2011). No obstante, es altamente probable que esto se deba a que los supuestos sitios de la transición Pleistoceno-Holoceno hayan sido inundados por el mar a partir de la deglaciación. En el contexto arqueológico de todas las costas de Patagonia argentina y chilena: de norte a sur, las edades radiocarbónicas no superan los siete milenios (ver Orquera y Piana, 1999; Legoupil, 1993-94, 2005; entre otros)

El Holoceno tardío (4000 AP-500 AP) presenta oscilaciones climáticas, avances glaciares y sequías prolongadas. A pesar de que ya había presencia humana en casi todas partes de la



Patagonia, aun persistían grandes sectores desocupados o aun inexplorados (Borrero, 1994-95, 2001). En los campos volcánicos ubicados entre los ríos Gallegos y Chico (prov. Santa Cruz, Argentina) existen extensos espacios con muy baja densidad de materiales arqueológicos, registrándose la mayor densidad en cuevas y aleros ubicados generalmente cerca del agua, ya sean lagunas, cráteres de volcanes extinguidos, ríos o vegas (Bird, 1988; Borrero *et al.*, 2008). Algo similar fue registrado por Belardi (1996) en la alta meseta de Gastre (centro-norte de la provincia de Chubut). Para este período son en general abundantes las evidencias sobre el uso relativamente intensivo del sistema de canales marítimos de Patagonia y Tierra del Fuego (Piana y Orquera, 2007). Según Legoupil (1993-94) la colonización del arco exterior de los archipiélagos de la costa del Pacífico-Canal de Beagle oriental- pudo haber sido tardía y progresado a partir del borde continental.

En Patagonia continental el registro arqueológico posterior a 2000 AP muestra un aumento notable en el número de sitios en el nivel macrorregional y también ocupación de todos los ambientes (Crivelli Montero *et al.*, 1996; Aschero *et al.* 1998; Borrero 2001; Boschín, 2001; Goñi 2000-2002; Gómez Otero y Bellelli 2006; Martínez, 2008-09; Prates, 2008) y un clara explotación de las zonas boscosas (Bellelli *et al.*, 2000, 2003; Scheinsohn, 2006; Arrigoni, 1997; Civalero *et al.*, 2007; Mena 1997; Miotti y Salemme 2004).

### **2.6.1 El papel del bosque en la dinámica de población de la Patagonia**

El bosque y ecotono bosque-estepa juega un papel fundamental en los debates sobre la dinámica de población de la región patagónica (Aschero *et al.*, 1992, 2005; Belardi *et al.*, 1994; Borrero, 1994-1995, 2001; Borrero y MacEwan, 1997; Borrero y Muñoz, 1999; Goñi, 1988; Espinosa, 2000, 2002, Hajduk *et al.*, 2004; entre otros). Durante el tiempo en que los glaciares cubrían la cordillera de los Andes y gran parte de los archipiélagos chilenos y hasta el último Máximo Glacial (hace 22.000 años) la vegetación dominante presentaba diferencias con respecto a la actual (Borrero, 2001). Sin embargo, con la retirada de los hielos la expansión de los bosques fue muy rápida, sugiriendo la existencia de refugios con árboles durante las

glaciaciones. Algunos de estos refugios fueron definidos al norte de la isla de Chiloé y sin duda existe la posibilidad de que hayan existido en otras zonas de la Patagonia, en particular al este de la Cordillera de los Andes (Markgraf *et al.*, 1996). Según Veblen (1985) la estructura, continuidad e instalación del bosque en forma principalmente paralela a la cordillera estuvo relacionada con el vulcanismo. Distintos trabajos permiten realizar varias propuestas –de diverso alcance– en cuanto al uso del bosque desde los primeros tiempos del poblamiento humano de la región.

#### *-El uso del bosque en el Noroeste de la Patagonia*

En el área del Parte Nacional Nahuel Huapi, las cronologías del sitio El Trébol -10.600 años AP- (Miotti y Salemme, 2004; Hajduk *et al.*, 2004) evidencian momentos tempranos de aprovechamiento del bosque. Según algunos autores (Hajduk *et al.*, 2004; Albornoz y Hajduk, 2006) la presencia humana en estos entornos se encontraba caracterizada por un uso de carácter estacional del bosque, ya sea para explotar determinados recursos o para intercambiar materias primas o bienes con los grupos cazadores-recolectores vinculados a la vertiente occidental de los Andes. Estos mismos autores plantean, para momentos más tardíos, la existencia de grupos que ocupaban el entorno boscoso a ambas vertientes de la cordillera interactuando a su vez con grupos cazadores-recolectores de la estepa. Sus planteamientos se basan en evidencias de navegación lacustre y artefactos semejables a los de los indígenas del litoral pacífico (Hajduk *et al.*, 2004).

El estudio de los sitios arqueológicos localizados en la Comarca Andina del Paralelo 42° (Suroeste prov. de Río Negro y Noroeste de Chubut) y el relevamiento de las manifestaciones rupestres existentes en los mismos (Bellelli *et al.*, 2000, 20003; Podestá *et al.*, 2000, 2007; Fernández, 2006; Tropea, 2006; Carballido Calatayud, 2009, entre otros) evidencian que la presencia humana en esta área se extiende entre los 2000 y 700 años AP. Los trabajos realizados en la Comarca Andina permiten plantear a sus autores distintas hipótesis en relación a los modos de uso de los ambientes boscosos. Según Scheinsohn y Matteucci (2004) la mayoría de los sitios están localizados a lo largo de las vías de más práctica circulación. La reutilización de alguno de los sitios de esta área, el tipo de recursos en ellos representados, así como la diversidad de motivos rupestres podrían indicar la elección de lugares de asentamiento

vinculados con vías de circulación, las cuales facilitarían el acceso desde y hacia la estepa (Podestá *et al.*, 2007).

- *El uso del bosque en el Suroeste de la Patagonia*

Para el SO patagónico (prov. de Santa Cruz), los modelos de uso del bosque se plantearon sobre la base de dos localidades de esta provincia. La primera de ellas el Parque Nacional Perito Moreno y la segunda el Lago Argentino.

Los estudios llevados a cabo en el Parque Nacional Perito Moreno proponen un modelo de alta movilidad. Aschero y colaboradores plantean un aprovechamiento estacional y complementario del bosque, en el que los sectores situados a mayor altitud serían utilizados en época primaveral, mientras que los bordes lo serían en época invernal (Aschero, 1996; Aschero *et al.*, 1995, 2005). Espinosa (2000,2002) por su parte sostiene un uso logístico con bajo índice de actividad en relación a la obtención de recursos en la parte interna del bosque y una prolongada y/o redundante circulación con una alta variedad de actividades en los bordes del bosque. A diferencia del área del Parque Nacional Perito Moreno los trabajos realizados en la zona del lago Argentino (Goñi, 1988; Belardi *et al.*, 1994; Belardi y Campán, 1999; Franco y Borrero, 2003) proponen un uso esporádico del bosque vinculado con el acceso a la costa pacífica, los recursos leñosos, lacustres y la utilización de bloques erráticos para el asentamiento.

La interacción con el entorno boscoso involucra desde la utilización del material leñoso como materia prima hasta el posible -aunque difícil de comprobar arqueológicamente- uso del fuego para la deforestación o apertura de claros en determinadas zonas (Zapata y Peña-Chocarro, 1998). Concretamente para el caso de Patagonia existen algunos trabajos que plantean que después de la transición Pleistoceno-Holoceno la presencia de fuegos se debía principalmente a la actividad humana (Heusser, 1987, 1994). Según Heusser (1994) el estudio del carbón sedimentario serviría como indicador de los desplazamientos y rutas migratorias de los grupos cazadores-recolectores. No obstante, existen investigadores que interpretan estos datos como resultado de causas climáticas –específicamente patrones climáticos de gran escala- (Markgraf y Anderson, 1994).

## 2.7 LA ARQUEOBOTÁNICA EN SITIOS ARQUEOLÓGICOS PATAGÓNICOS

Los estudios sobre el uso de recursos vegetales, tanto en la alimentación como en cualquier otra de sus aplicaciones, son todavía poco frecuentes en las investigaciones arqueológicas sobre sociedades cazadoras-recolectoras patagónicas.

En la región patagónica argentina, la tradición en estudios arqueobotánicos se remonta a los trabajos iniciados en la cuenca del río Chubut -Prov. de Chubut, Argentina- hace más de treinta años (Pérez de Micou, 1979-1982, 1988, 1991; Nacuzzi y Pérez de Micou, 1983-1985). Esta línea de investigación, aplicada en contextos de cazadores-recolectores, propone la integración de diferentes tipos de datos, procedentes de la observación etnográfica y las fuentes etnohistóricas (Pérez de Micou, 2002:11).

Durante estos primeros años de investigación arqueobotánica se desarrollaron trabajos aislados en distintos sitios arqueológicos de la Patagonia argentina, la mayoría de ellos centrados en el estudio de restos de madera carbonizada. A modo de ejemplo se puede mencionar el trabajo llevado a cabo por Rivera y Fernández (1997/98) en la cueva Epullán Grande (10.000-7.100 AP a 5.200-2.100 AP) en la prov. de Neuquén, y los de Pérez de Micou (1979-1982, 1988, 1999) en los sitios Campo Nassif 1 (665:480  $\pm$  75 AP), Piedra Parada 1 (495:620 dc  $\pm$  50) y Campo Moncada 2 (5080 $\pm$ 100 AP a 860 $\pm$ 80 A, en la provincia de Chubut. Este último también trabajado por Marconetto (1996, 2002), quien también trabajó con los materiales del sitio Alero Don segundo -1000 AP- (prov. Chubut). Estos trabajos se caracterizan básicamente por la identificación de restos de maderas y otros macrorestos vegetales, y generalmente no van más allá de determinar la presencia o ausencia de los distintos taxones en el registro arqueológico.

Poco a poco los análisis arqueobotánicos fueron obteniendo una mayor trascendencia en los proyectos arqueológicos. De esta manera comenzaron a producirse aportes de carácter sistemático orientados a indagar sobre las estrategias de gestión de los recursos vegetalesleñosos y su relación con las dinámicas sociales. Entre estos estudios destaca los realizados por Piqué (1999) en los sitios Túnel VII (s. XIX d.C.), Lanashuaia (150 AP),

Alashawaia y Shamakush I (s. X d.C.) y Shamakush X (s.XVI d.C.) -costa norte del Canal de Beagle-, en el cual además de identificar los recursos vegetales consumidos, la autora analiza los procesos de obtención, procesamiento y consumo de los mismo, a efectos de determinar su rol en la dinámica social. En la zona central de la isla de Tierra del Fuego, también pueden mencionarse los estudios realizados en el sitio Ewan (Caruso Fermé, 2008, 2010; Caruso *et al.*, 2009a; Caruso Fermé *et al.*, 2009b; Caruso Fermé, en prensa), los cuales ponen de manifiesto las especies consumidas, el tamaño, las características morfométricas de la materia prima utilizada, así como el tipo de procesamiento o modalidades de consumo del material leñoso. Todo este conjunto de información posibilita conocer las estrategias de explotación y gestión de los recursos vegetales leñosos llevadas a cabo por los cazadores-recolectores selknam, antiguos pobladores del norte de la isla Grande de Tierra del Fuego. Por su parte Rodríguez (2003-2005), a partir del registro arqueobotánico del sitio Cerro Casa de Piedra 5 (prov. Santa Cruz) analiza las áreas de aprovisionamiento y usos de los recursos vegetales en los distintos momentos del pasado prehistórico en la Patagonia meridional. En costa del Golfo San Matías (prov. Chubut) los trabajos llevados a cabo por Ortega y Marconetto (2009, 2011) en los sitios Paesani, sondeo 1 ( $1100 \pm 90$ ), Caleta de los Loros 3 ( $2108 \pm 35AP$  y  $2346 \pm 35AP$ ), S1 sondeos 1,2,2/B y 2/C ( $3077 \pm 54$  y  $3000 \pm 90$ ), Faro San Matías S2 ( $2910 \pm 90AP$ ) y Faro San Matías S6 ( $1380 \pm 90AP$ ) plantean una discusión sobre las estrategias de recolección de los recursos leñosos en los espacios costeros, la oferta ambiental de los mismos a lo largo del tiempo y su relación con las modificaciones que el uso actual genera en la distribución de la cobertura vegetal original.

La recuperación de objetos de madera en sitios arqueológicos de la Patagonia es sumamente escasa, como en la mayoría de los contextos que no poseen determinadas características de conservación. Sin embargo, entre los trabajos arqueobotánicos patagónicos también aumentaron los estudios dedicados al análisis de instrumentos o piezas confeccionadas en material leñoso. Siguiendo esta línea se encuentra el trabajo realizado por Capperelli y colaboradores (2009) quienes determinan taxonómicamente un arpón de madera recuperado en el sitio arqueológico Cueva del Negro (prov. Santa Cruz), ocupada aparentemente durante el Holoceno tardío.

Los estudios llevados a cabo por Piqué (2006) y Caruso Fermé (2008) están orientados al análisis de los procesos tecnológicos inherentes a la elaboración de los instrumentos de madera. Ambos trabajos se basan en el estudio de arcos y astiles de madera depositados en museos, procedentes del extremo austral americano. Las autoras profundizan sobre las fases o etapas necesarias para la obtención de un determinado producto confeccionado en materia prima leñosa. En un trabajo reciente, Caruso Fermé y colaboradores (2011) publicaron los datos de un estudio, también con colecciones etnográficas, que consiste en la identificación de la materia prima utilizada para la manufactura de los arcos y astiles, en la determinar sus características morfométricas, y en el análisis tecnomorfológico de las puntas de proyectil de estos astiles. Esto permitió inferir no sólo las etapas necesarias para la obtención y procesado del material leñoso, sino también el tipo de materia prima utilizada en la confección de estos instrumentos.

Además de los estudios antes mencionados basados en la observación etnográfica y las fuentes etnohistóricas, de los trabajos antracológico y los análisis de los procesos tecnológicos de la madera, también se han realizado trabajos experimentales. Entre ellos cabe mencionar el realizado por March (1992), quien propone evaluar la relación existente entre diferentes tipos de madera y su rendimiento expresado en Kg/hora. Con el objetivo de estudiar las propiedades de combustión de las especies y el proceso de alteración de la madera -grietas de contracción- Caruso Fermé (2008, 2010) y Caruso Fermé y Théry-Parisot (2011) realizaron una serie de fuegos experimentales con madera verde y seca de diversas especies leñosas del bosque andino patagónico. A fin de poder identificar y trabajar la procedencia del material leñoso utilizado como combustible, Caruso Fermé e Iriarte (en prensa) diseñaron un programa experimental para estudiar la composición de la madera y las causas de su variación, pudiendo determinar de esta manera la existencia de madera flotada en un sitio arqueológico. Por su parte Cueto y colaboradores (2010) proponen un programa experimental para el estudio del procesamiento de vegetales leñosos mediante artefactos formatizados de roca.

Pese a que el trabajo que se presenta en esta tesis se centra en la Patagonia argentina no se debe dejar de mencionar, por su trascendencia y rigor, los trabajos realizados por María Eugenia Solari en los archipiélagos fueguinos de Chile. Su trabajo se centró en cuestiones paleoambientales, aunque también estudio restos de estructuras (Solari, 1992, 1993, 1994). Los

estudios realizados por Solari en la Patagonia chilena (Solari 2009; Solari y Lehnebach, 2004; Solari *et al*, 2002) continúan siendo un referente.

### 3 METODOLOGÍA

El carbón arqueológico puede encontrarse de distintas maneras en un sitio arqueológico. Por un lado, en forma desperdigada en los niveles arqueológicos, lo que se conoce como *carbones dispersos* (Thiébaul, 1988; Chabal, 1989, 1992, 1994, 1997; Heinz, 1993; Tengberger, 1998; Chabal *et al.*, 1999; Piqué, 1999; Dufraisse, 2002; Solari, 2004; Carrión, 2005; Moutarde, 2006; entre otros). Estos carbones son normalmente el resultado del vaciado y limpieza de los distintos hogares (Chabal, 1989; Chabal *et al.*, 1999), es decir, el reflejo de todas aquellas actividades que conllevan el mantenimiento de las áreas de combustión (Piqué, 1999). Por consiguiente, se considera que los *carbones dispersos* son resultado de la acumulación producida durante toda la ocupación del sitio y por ende proceden de la dispersión de todas las combustiones realizadas. En consecuencia, son considerados los más representativos de la gestión del material leñoso por parte de los ocupantes de un sitio arqueológico y, sobre todo, los más adecuados para obtener datos paleoecológicos (Chabal, 1988; Badal y Heinz, 1989; Badal, 1990; Heinz, 1990a).

Por otro lado se encuentran los *carbones concentrados*, asociados a estructuras de combustión o fogones (Thiébaul, 1988; Chabal, 1989, 1990, 1992, 1997; Heinz, 1993; Tengberger, 1998; Chabal *et al.*, 1999; Piqué, 1999; Ntinou, 2000; Dufraisse, 2002; Carrión, 2005; Moutarde, 2006; Joly, 2008; entre otros). A diferencia del carbón disperso, se considera que el carbón de estas estructuras puede ser el reflejo de combustiones concretas y puntuales en el tiempo. La composición taxonómica de los fogones generalmente suele ser poco diversa en relación a otros contextos que representan períodos más amplios de depositación de residuos. Las estructuras de combustión actúan como una imagen *flash* (Chabal *et al.*, 1999) de las actividades que conforman las modalidades de gestión del combustible llevadas a cabo por los distintos grupos. Por estas razones, el carbón concentrado no es considerado adecuado para el estudio paleoecológico (Heinz, 1990; Chabal, 1992). No obstante, los datos resultantes del análisis del carbón de estructuras de combustión sí pueden resultar interesantes para realizar inferencias sobre el uso de madera como combustible y de la posible selección de determinadas especies vegetales en función de sus cualidades físicas o mecánicas (Carrión, 2005).



### 3.1 TÉCNICAS DE MUESTREO

Aunque la explicación de métodos de muestreo ya ha sido ampliamente expuesto y publicado en tesis y trabajos especializados de arqueobotánica, dada la falta de tradición de este tipo de estudios en Patagonia considero necesario hacer una breve síntesis de los mismos.

El estudio de estos restos requiere un correcto planteamiento de objetivos y un riguroso método de registro. Las estrategias del muestreo arqueobotánico deben contemplarse dentro del marco general del proyecto de excavación, con el mismo grado de importancia que los demás materiales arqueológicos. Estas estrategias se irán modificando y adaptando en función de la dinámica de la propia excavación, pero siempre de forma rigurosa y sistemática. No obstante, las características particulares de cada yacimiento configuran un factor determinante en su diseño.

Es importante tener presente que pocas veces se puede estudiar la totalidad de los restos arqueobotánicos ya que, a su vez, es muy baja la frecuencia de excavaciones donde se trabaja sobre la totalidad del sitio arqueológico. La gran extensión de algunos yacimientos hace necesario establecer, por lo tanto, criterios sobre qué sectores o áreas se deberá muestrear (Badal, 1990, 1992; Hastorf, 1995; Buxó, 1997; Chabal *et al*, 1999; Alonso *et al*, 2003; Allué, 2006; entre otros). Por otro lado, los restos vegetales presentes en los sitios arqueológicos corresponden a aquellas partes más resistentes a la descomposición o a aquellos que se han depositado en un contexto favorable para su conservación. Por consiguiente la parte recuperada debe ser representativa del conjunto, de ahí que el muestreo deberá ser una parte significativa del total (Badal, 2000; Buxó y Piqué, 2003). Así mismo el muestreo debe tener en cuenta las especificidades del material que se quiere recuperar (tamaño, propiedades, estructura).

La planificación de la estrategia de muestreo debe contemplar una serie de cuestiones básicas y además ser lo suficientemente flexible para poder afrontar cualquier inconveniente surgido durante el trabajo de campo (Toll, 1988; Clarke, 1989; Pearsall, 1989). En primer lugar, dada la importancia de muestrear por separado el carbón concentrado y el disperso para su posterior estudio e interpretación individual (Badal, 1990; Chabal, 1990, 1991), será

conveniente la aplicación de estrategias de muestreo adecuadas para cada uno de ellos. El volumen de sedimento que se procesará y la manera en que se realizará la recolección del material también deberá estar contemplado dentro de los pilares estructuradores del muestreo.

*-Carbón concentrado (carbón del fogón)*

En general, el carbón de los fogones debe ser recogido en su totalidad. La estructura de combustión debe ser perfectamente documentada –dibujos, fotografías, etc.- y registradas sus medidas –largo, ancho y profundidad-. De tratarse de un fogón estratificado, el registro de su estratigrafía posibilitará el estudio en profundidad de la actividad del fogón. Las piedras o rocas asociadas a las estructuras de combustión también deben tomarse como elementos integradores de la misma estructura, por lo que es indispensable documentar su posición y características con relación al fogón.

*-Carbón disperso en el sedimento de la excavación*

Son numerosos los sitios o contextos donde el carbón se presenta en grandes cantidades, y su total recolección es imposible o innecesaria, teniendo en cuenta los objetivos de investigación. s. Ante una situación de estas características es imprescindible la aplicación de estrategias de muestreo. De la misma manera que durante el desarrollo de una excavación se emplea gran esfuerzo en la recuperación de todas las microlascas debería regir el mismo principio de muestreo para el material arqueobotánico. De nada sirve tamizar el sedimento para luego sólo recolectar algunos carbones o los más grandes de la zaranda y desechar el resto. Es necesario por tanto una previa planificación y el desarrollo sistemático de muestreos para la recuperación del material arqueobotánico.

Dada la diversidad de los depósitos en los que se puede recuperar material, es necesaria la combinación de diferentes métodos de recolección (Wilcox, 1974; Hastorf, 1995; Buxó, 1997; Chabal *et al*, 1999; entre otros). Los métodos existentes son diversos: la recolección fortuita o puntual, la recolección localizada del sedimento, el muestreo a intervalos, el muestreo probabilístico o aleatorio, la recolección de un volumen constante y las muestras estimativas (Alonso, 2000). Estos distintos modos de recolección tienen implicaciones directas en el

significado cuantitativo del registro y su utilización depende, la mayor parte de las veces, de cuestiones logísticas y de las características de la misma excavación (Allué, 2002).

## **3.2 LA UNIDAD DE ANÁLISIS: LA MUESTRA ANTRACOLÓGICA**

Una muestra antracológica es entendida como el conjunto de carbón contenido en una unidad de muestreo. La misma corresponde a una estructura o bien a cuadrículas de un mismo estrato arqueológico o capas, artificiales o naturales, establecidas en el proceso de excavación (Badal, 1990). Algunas autoras consideran que la superficie mínima para que los resultados sean representativos del total es de 4m<sup>2</sup> (Badal *et al.*, 1991; Badal y Heinz, 1991; Badal, 1992). Sin embargo, la superficie del muestreo dependerá, por un lado, de las características propias del sitio arqueológico y, por otro, de los interrogantes planteados. El correcto muestreo de la superficie del sitio arqueológico evitará que los datos antracológicos queden falseados por una distribución no uniforme de los taxones o de sus valores relativos en la superficie (Chabal, 1997).

Pese a la diversidad de métodos de recuperación de restos y criterios de muestreo aplicados en los casos estudiados en esta tesis, se ha utilizado una misma unidad de análisis para todos los sitios arqueológicos. Se empleó el nivel arqueológico o estrato geológico en función de cómo se realizó cada una de las excavaciones arqueológicas. Siempre que ha sido posible se han diferenciado los restos procedentes de áreas de combustión o contextos funerarios.

### **3.2.1 Tratamiento del sedimento**

Diversos son los factores por los cuales se hace imposible analizar todos los restos vegetales de un yacimiento arqueológico. Como hemos señalado, este hecho conlleva a la planificación de determinadas estrategias de recuperación que tienen por objetivo obtener muestras representativas. Por tratamiento de la muestra se entiende todo el proceso por el cual debe pasar una determinada muestra de sedimento con el mero objetivo de recuperar todos los restos arqueobotánicos que pudiera contener (Alonso, 2000).

### **3.2.1.1 Flotación del sedimento**

El método de flotación permite recuperar gran cantidad de restos vegetales. No obstante, el tamaño de luz de malla que se utilice incidirá directamente en el tamaño de los macrorrestos recuperados. Este método se basa en las diferencias de densidad del material orgánico e inorgánico: el material carbonizado -por ser menos denso- tenderá a flotar y podrá ser separado con mayor facilidad del material mineral más pesado. La máquina de flotación contiene un tamiz interno -de luz de malla fina- en el que se deposita directamente el sedimento procedente de la excavación, debajo de éste pasa el flujo de agua y aire. Cuando la máquina se llena de agua automáticamente se desborda, cayendo el agua directamente sobre la columna de tamices, lo que permite recuperar el material resultante de la flotación. En general, los tamices utilizados en el interior de la máquina deben ser de 2 mm y los de la columna de tamices de 5, 1 y 0,5 mm. Como resultado de este proceso se obtendrá una “fracción ligera”, es decir todo el material que flota, y una “fracción pesada”, atrapada en el tamiz interno de la máquina. A pesar de que en algunos casos pueda producir fragmentación de los carbones, esta técnica de recuperación es extremadamente útil ya que separa directamente el material que flota del sedimento que la envuelve. No obstante a pesar de la sobrefragmentación la cuantificación en número de fragmentos no se ve afectada por este hecho tal y como muestra Chabal (1997) en sus trabajos.

Son numerosos los estudios que evidencian la eficiencia de esta técnica de muestreo. Concretamente en el caso de Patagonia los trabajos realizados en el sitio arqueológico Ewan (Tierra del Fuego, Argentina) demuestran claramente que la aplicación de la flotación del sedimento garantiza una extraordinaria recuperación de macrorrestos vegetales (Berihuete *et al*, 2007; Berihuete *et al*, 2009; Caruso Fermé, 2008, Caruso *et al*, 2009a; Caruso Fermé, 2010, Caruso Fermé, en prensa).

Existe una serie de variables que pueden influir en la elección de la técnica de muestreo en el planeamiento y desarrollo de una excavación. La zona geográfica y las condiciones en las cuales se lleva a cabo el trabajo arqueológico son un punto más en la evaluación, planificación y elaboración de las estrategias de muestreo. El trabajo en zonas desfavorables implica el traslado de absolutamente todo el material de trabajo y subsistencia: si a ello se le añade la inaccesibilidad a fuentes de agua, puede ser difícil la utilización *in situ* de técnicas de

recuperación con agua o el transporte de sedimentos a otros lugares para ser tratados. No obstante, estas situaciones no deberían provocar la ausencia de planificaciones y la aplicación sistemática de una técnica de muestreo durante el desarrollo de la excavación.

### **3.2.1.2 Tamizado del sedimento**

El tamizado o cribado del sedimento se puede realizar en seco o mediante la utilización de agua. La eficacia de este método dependerá del tipo de sedimento y malla utilizada para el tamizado.

#### *a) Tamizado en seco*

El tamizado o cribado del sedimento es el método más utilizado en las excavaciones para la recuperación de los carbones. El tamizado en seco debe realizarse con tamices de una luz de malla de entre 4 y 2 mm permitiendo de esta manera obtener diferentes tamaños de carbón. El tamizado en seco no es apto para la recuperación de restos muy pequeños ya que se pierden al pasar a través de los tamices a causa del elevado tamaño de la luz de la malla que normalmente es utilizada en las excavaciones (Buxó, 1997). Por otra parte, el tamizado en seco es un método de recuperación que no puede aplicarse en todo tipo de sedimentos, ya que por ejemplo en depósitos arcillosos o saturados en agua no permite una separación fácil de los carbones sin la utilización de agua.

Las características geográficas así como la situación en el que se llevan a cabo campañas arqueológicas impiden muchas veces la aplicación de técnicas de muestreo que involucren la utilización de agua. Sin embargo, existen estudios como el caso de los sitios Túnel VII, Lanashuaia, Alashawaia, Shamakush I y X (Tierra del Fuego, Argentina) que demuestran que la aplicación de un muestreo planificado, riguroso y sistemático mediante el tamizado en seco con un tamiz de 1mm puede garantizar la recuperación de macrorrestos vegetales (Piqué, 1999). El sitio Alero Cerro Castillo (Magallanes, Chile) también es un buen ejemplo de la planificación y aplicación de esta técnica, en este caso con tamices de malla de 2mm (Solari, 2009).

### *b) Tamizado con agua*

En sedimentos arcillosos o saturados en agua donde el tamizado en seco no posibilita un correcto muestreo, la utilización de agua permitirá la recuperación del material. Para el tamizado con agua se deberán utilizar dos mallas, una de 5mm y otra de 2 mm. El agua deberá caer, sin demasiada presión, directamente sobre los tamices. El sedimento tamizado se dejará secar y una vez totalmente seco se realizará la tria del mismo.

### **3.2.1.3 Recolección manual**

La recolección manual es una técnica particularmente interesante para la recuperación de carbones muy grandes que podrían romperse en el proceso de flotación o tamizado del sedimento. Por otro lado esta técnica también permite la individualización de carbones que poseen alguna “forma” determinada, como por ejemplo, ramas; postes carbonizados; etc. En este caso el carbón se recoge y se coordina según unos ejes cartesianos. La aplicación de una recolección fortuita o puntual de carbones, sin la planificación y utilización de otra técnica de muestreo conduce a recuperar sólo aquellos carbones que son visibles durante la excavación, pudiéndose producir de esta manera un sesgo importante en la muestra obtenida. Por otro lado, es importante tener presente que en la aplicación de la técnica manual el tamaño de los fragmentos, el tipo de sedimento en el que se encuentran, así como el tiempo que conlleva esta actividad y la habilidad de los miembros de la excavación para reconocer los carbones son factores que pueden influir negativamente en la toma de muestra (Chabal, 1988).

Por lo tanto, dados los diversos métodos de recuperación de macrorrestos vegetales y las variadas formas en que los carbones se encuentran depositados sería conveniente la combinación de diferentes técnicas de recuperación (Wilcox, 1974; Hastorf, 1995; Buxó, 1997). Cualquiera sea la elección, deberá hacerse en forma planificada, rigurosa y sistemática. Un ejemplo de muestreo sistemático con la aplicación de varias técnicas de recuperación es el que se llevó a cabo en el sitio Ewan (Tierra del Fuego, Argentina). Dos fueron las técnicas de muestreo utilizadas en la recuperación de restos: flotación – con un tamiz interior de la máquina de 2 mm y dos tamices de 5 y 1 mm en la columna- y tamizado en seco de todo el sedimento con tamices de 5 y 1 mm (Caruso Fermé, 2008; Caruso *et al*, 2009a). Otro ejemplo

de planificación y combinación de metodologías de recuperación es el trabajo realizado en el Locus 1 del sitio Ponsonby (Magallanes, Chile). Durante su excavación se utilizaron tres técnicas: recogida manual de carbones, tamizado de todo el sedimento y flotación del sedimento arcilloso (Solari, 2003).

Los sitios trabajados en esta tesis presentan diferentes estrategias de muestreo. En los sitios Orejas de Burro 1 y Cerro Casa de Piedra 7 (ambos en la provincia de Santa Cruz) se utilizó un solo método de recuperación de restos: todo el sedimento de la excavación fue tamizado en seco. En ambos casos la luz de malla utilizada en los tamices fue de 2 milímetros. En el sitio Cerro Casa de Piedra 7 se aplicó sistemáticamente este tipo de muestreos en todos los niveles excavados, lo que no sólo evidenció la efectividad de esta técnica sino también la importancia de la planificación de muestreos dirigidos a la recuperación de material arqueobotánico. En el sitio Cerro Pintado (prov. de Chubut) además del tamizado en seco –con el mismo tamaño de malla que en los sitios anteriores- se utilizó la recolección manual para recuperar el material de la estructura de combustión. Finalmente en Paredón Lanfré (prov. de Río Negro), se combinaron las tres técnicas de recuperación: tamizado en seco –luz de malla 2 mm-, recolección manual y flotación del sedimento.

En algunos casos el proceso de recuperación de restos –que incluye desde la técnica empleada hasta su aplicación en uno u otro contexto- generó ciertas dificultades a la hora de poder plantear determinadas cuestiones relacionadas con las modalidades de adquisición del material leñoso. La diferencia de muestreos entre los sitios estudiados complicó en varias ocasiones analizar en forma conjunta los resultados obtenidos. Sin embargo, teniendo en cuenta dichas limitaciones fue posible encarar perfectamente el estudio arqueobotánico de los cuatro sitios presentados.

### **3.2.2 Tamaño de la muestra**

La *curva de esfuerzo rendimiento* consiste en una representación gráfica en forma de curva acumulativa, en la que se visualiza el orden de aparición de cada nuevo taxón con respecto al número de fragmentos analizado hasta el momento. De esta manera se hace patente que ante

una mayor riqueza en especies, la curva tardará más en estabilizarse. La estabilización de la curva indica el número mínimo de fragmentos a partir del cual se tendrán representadas todas las especies, que son las que van a ofrecer la principal información cualitativa. Algunas autoras establecen que el número recomendable de fragmentos de carbón a analizar se encuentra entre 250 y 300 (Badal, 1992; Figueiral, 1992; Chabal, 1997,1988), otras plantean que el número depende de la riqueza taxonómica de la muestra, por lo que puede variar entre los 200 y 800 fragmentos de carbón para obtener una información representativa de la formación vegetal de la cual proceden (Heinz, 1990; Badal y Heinz, 1991) pero también de las especies consumidas.

Los factores que determinan la diversidad taxonómica de un sitio arqueológico son: la complejidad de la asociación vegetal, los patrones de explotación del material leñoso, el tipo de ocupación, la procedencia de los carbones -dispersos o concentrados- y el área muestreada (Allué, 2002). Existen sitios donde las condiciones ambientales y el tipo de ocupación hacen que la composición taxonómica se caracterize por una baja variabilidad. Los carbones de estos sitios son resultado de ocupaciones de corta duración en formaciones vegetales pobres, por lo que el número mínimo de carbones requeridos para que las curvas tiendan a estabilizarse es de 100 unidades (Bazile-Robert, 1982)

El número de fragmentos como unidad de medida ha sido utilizado por muchos autores. Con el objetivo de establecer la representatividad de la muestra contando fragmentos, Chabal (1992, 1997) realiza lo que denomina *ley estadística de fragmentación*. Esta ley establece que el estado de fragmentación es independiente del taxón y en consecuencia los porcentajes pueden expresarse tanto en masa como en número de fragmentos, siempre que se haya realizado un correcto muestreo y se estudie un número representativo de fragmentos.

El cálculo a partir de la masa también ha sido objeto de estudio para comparar y validar los datos obtenidos a partir de la cuantificación por número de fragmentos. Los test de correlación indican que existe una buena correlación entre la masa y el peso en la determinación de la fragmentación de los carbones (Chabal, 1988; 1992; Piqué, 1999).

El volumen del material recuperado en la mayoría de los sitios trabajados en esta tesis fue el factor determinante a la hora de establecer el tamaño de la muestra a estudiar. La poca cantidad



de material hizo que en tres de los yacimientos fuera necesario el estudio de la totalidad del material para tener una muestra representativa. En el caso particular del sitio Cerro Casa de Piedra 7 la abundancia de restos (carbonizados y sin carbonizar) obligó a realizar un muestreo aleatorio de los cuadros o sectores que se analizarían en los distintos niveles estratigráficos. La elevada cantidad de restos y la baja diversidad taxonómica recuperada entre los carbones de Cerro Casa de Piedra 7 (ver capítulo correspondiente al sitio) hizo que se decidiera analizar una muestra de 100 fragmentos por capa, considerada como representativa (en función de la curva esfuerzo-rendimiento) de la diversidad existente. En los cuatro sitios arqueológicos el fragmento fue la unidad de medida utilizada.

### ***3.2.2.1 El análisis numérico de los restos***

La estandarización de los datos es el primer paso de cualquier análisis. Una manera de estandarizar los datos es la utilización de frecuencias relativas de cada taxón, calculadas a partir del número absoluto de fragmentos de cada uno. El uso de frecuencias relativas en base al recuento de los fragmentos de carbón es ampliamente utilizado en antracología como manera de describir cuantitativamente los datos (Bazile-Robert, 1982; Chabal, 1997). En una muestra, las proporciones de cada taxón con respecto al total de las especies leñosas constituyen un “espectro antracológico”.

Otra manera de analizar los datos es mediante la presencia/ausencia de los taxones (Willcox, 1974, 1992a, 1992b). El principal problema de este método es poder controlar el origen de los datos y el tipo de muestreo ya que en el procedimiento no se tiene presente el recuento absoluto de los restos (Popper y Hastorf 1988). Sin embargo, cuando las muestras proceden de contextos bien definidos la recurrencia en las estructuras es una buena medida de la frecuencia de uso de los taxones, además ayuda a minimizar el efecto de la sobrerrepresentación debido a la fragmentación.

Por las características de las muestras antracológicas de los sitios trabajados en esta tesis se decidió utilizar como unidad de medida el fragmento. Para la estandarización de los datos se partió de la cuantificación en frecuencias relativas, lo que permite comparar muestras de

diferentes tamaños. Utilizando este método se considera que es posible determinar la importancia relativa de los taxones y observar las variaciones de una especie vegetal a través del tiempo.

No obstante, las frecuencias relativas no son más que una manera de describir los datos numéricamente, no permiten extraer conclusiones sobre la significación de las diferencias o semejanzas observadas. Para ello es necesario utilizar análisis de significación estadística cuando el tamaño de la muestra lo permita.

### 3.3 TECNICAS DE PREPARACION DE MUESTRAS Y ANÁLISIS

La mayoría de las evidencias del uso de las plantas en yacimientos arqueológicos se restringe a los macrorrestos vegetales carbonizados. No obstante, la utilización de materia prima leñosa también se hace evidente, en algunos casos, a partir de la recuperación de restos arqueológicos de madera sin carbonizar. Por esta razón en arqueobotánica el estudio taxonómico puede realizarse sobre material carbonizado –carbón- o sin carbonizar –madera-. El análisis será el mismo en ambos casos sólo que el tipo de técnica aplicada variará en función del estado del material. El estudio del carbón arqueológico se efectúa mediante la realización de cortes limpios del fragmento, con el objetivo de obtener los tres planos anatómicos de la madera. Para la observación de los cortes se utiliza un microscopio óptico de luz a reflexión de campo claro-oscuro, con diferentes objetivos que van desde 50 a 1000 aumentos. En el desarrollo de este trabajo se utilizó inicialmente un microscopio Olympus (BX51)<sup>1</sup> y posteriormente un Leicca (MZ16A)<sup>2</sup> y un Leicca (LMR y DMLM)<sup>3</sup>. Es aconsejable que el carbón se deposite sobre un soporte con semillas bien pequeñas (0.2-1.0 mm de diámetro) que permitan sostener el fragmento y así observar correctamente su tres planos anatómicos (Chabal *et al.*, 1999; Allué, 2002). Este método no es destructivo, de manera que la muestra puede ser utilizada posteriormente para la realización de dataciones radiocarbónicas (Vernet, 1973).

---

<sup>1</sup> Laboratorio d'Arqueobotànica. Departament de prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona

<sup>2</sup> Departament de Arqueologia y Antropologia. Institució Milà i Fontanals (CSIC). Barcelona

<sup>3 4</sup> Laboratoire d'Archéobotanique de CEPAM (Centre d'études Préhistoire Antiquité Moyen Age), laboratoire du CNRS

La identificación de la madera también se realiza a partir de la observación de la estructura anatómica de sus tres planos. A diferencia del material carbonizado, la toma de muestras consiste en la extracción de delgadas láminas de cada uno de los tres planos naturales de la madera con la ayuda de un instrumento cortante. Las muestras son visualizadas a través de un microscopio con luz transmitida y comparadas con muestras de referencia de madera actual.

### **3.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA**

La clasificación taxonómica en arqueobotánica se basa en la determinación de las especies vegetales a las que pertenece el material leñoso recuperado en sitios arqueológicos o piezas depositadas en museos, a partir de criterios anatómicos. No obstante, el objetivo de esta clasificación no es llevar a cabo una completa descripción anatómica de las especies, sino observar aquellos caracteres que permitan determinar los taxones utilizados (Chabal, 1997:19). La determinación se realiza a partir de criterios anatómicos, mediante la observación de los elementos básicos de la madera que caracterizan y diferencian a las especies vegetales. Se parte de la comparación de la estructura anatómica de la madera con una colección actual de referencia y/o bibliografía especializada en anatomía vegetal (Greguss, 1959; Jacquot *et al.*, 1973; Schweingruber, 1990). Para el caso de América del Sur- concretamente Patagonia- la bibliografía especializada en anatomía vegetal no es abundante ni exhaustiva. La mayor parte de los trabajos sobre maderas nativas de la Patagonia presentan el inconveniente de haber sido elaborados en función del uso industrial –madereras y papeleras- de las distintas especies. Por ello, estas publicaciones generalmente se basan en las especies arbóreas principales, omitiendo aquellas especies arbustivas no comerciales. Por este motivo ha sido necesario el armado de una colección de referencia y el estudio anatómico de especies leñosas de la zona de investigación para poder comparar el material arqueobotánico en estudio. Con este propósito y a los efectos de ampliar la colección de referencia iniciada desde el 2002 por la autora de esta tesis, se realizaron diversos viajes a distintas áreas de la Patagonia donde se recolectaron fragmentos de leños de diferentes especies, así como distintas partes de una misma planta. Dependientes de la época del año en el que se realizaban las salidas de campo, las recolecciones

estuvieron acompañadas de una muestra de hoja, flor y fruto. La recolección fue realizada en los siguientes lugares de la Patagonia argentina y chilena:

- Provincia de Tierra del Fuego (Argentina): costa del Canal Beagle, Monte Martial, Norte del Lago Fagnano, etc.,
- Prov. de Santa Cruz (Argentina): Lago Argentino, Río Turbio, Estancia Pali Aike, etc.,
- Prov. de Río Negro (Argentina): Cerro Catedral, Lago Gutiérrez, etc.,
- Prov. de Chubut (Argentina): Puerto Madryn, Punta Loma, etc.,
- Prov. de Neuquén (Argentina): San Martín de los Andes y
- Valdivia (Chile): Región de Los Ríos

El material coleccionado fue identificado con la ayuda de personal del Laboratorio Ecotono de la Universidad Nacional del Comahue<sup>4</sup> y Laboratorio de Palinología y Paleobotánica<sup>5</sup> - INIBIOMA- (Bariloche, Argentina), del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria<sup>6</sup> (INTA) de Santa Cruz (Argentina) y del Jardín Botánico de la Patagonia Extrandina<sup>7</sup> – CONICET-CENPAT- (Puerto Madryn, Chubut-Argentina).

La primera diferenciación en la anatomía de las especies leñosas es la que se da entre angiospermas y gimnospermas –fig.1-. Las primeras están constituidas por células diversas entre las que se encuentran los vasos conductores de savia, el tejido de sostén, fibras y parénquima - transporta y almacena los nutrientes-, de esta manera las angiospermas se caracterizan por una mayor variabilidad y complejidad en comparación a las gimnospermas. En las segundas, árboles más primitivos, el sistema axial se caracteriza por una estructura homóxila, ausencia de vasos y consta principal o totalmente de traqueidas (Chamberlain, 1934; Eames, 1960; Fahn, 1982). En la Patagonia son pocas las gimnospermas y se caracterizan por no poseer canales resiníferos. Existen canales resiníferos traumáticos, originados por heridas, que pueden encontrarse en especies que normalmente no los presentan. Este tipo de canales suelen reconocerse por estar generalmente agrupados en bandas tangenciales, señalando de esta manera la ubicación que tuvo el traumatismo que le ha dado origen (Díaz-vaz, 2003).

---

<sup>4</sup> Dra. Carolina Morales.

<sup>5</sup> Dra. Flavia Quintana

<sup>6</sup> Dr. Gabriel Oliva

<sup>7</sup> Mg. Ana María Beeskow y Técnica Verónica Duró

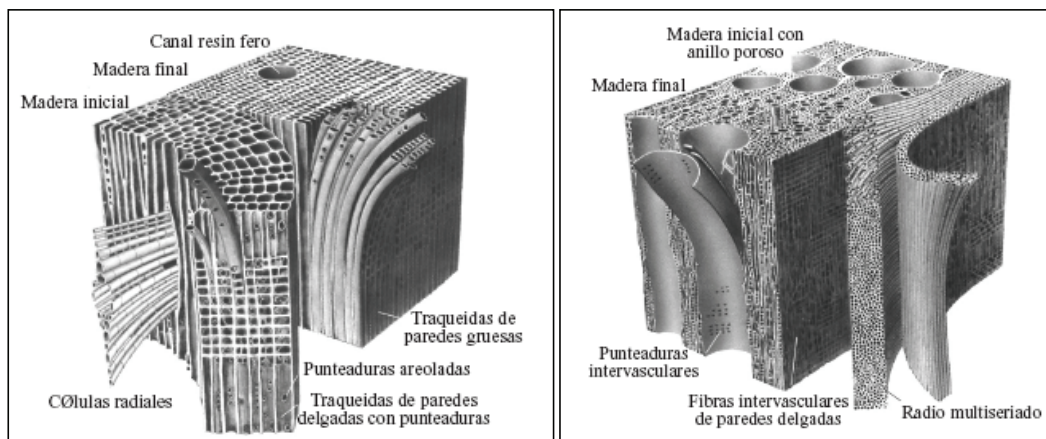


Figura 1: Elementos anatómicos de la madera A: Gimnospermas y B Angiospermas (extraído de Johnson, 1994)

El análisis de las especies leñosas se lleva a cabo a partir de la observación análisis de los tres planos anatómicos de la madera: corte transversal -perpendicular al eje del tronco-, corte longitudinal tangencial -pasa por el eje del tronco- y corte longitudinal radial -paralelo al eje del tronco- (Vernet, 1973; Schweingruber, 1990; Chabal, 1997; entre otros) –ver figura 2-. La observación de determinados criterios tales como la distribución de los vasos, tipo de parénquima, morfología de radios, entre otros, permite llegar a la identificación del género y, frecuentemente de la especie, aunque en ocasiones no se puede precisar más que la familia (Vernet, 1973; Chabal, 1982; entre otros). Mediante la morfología y la aplicación de análisis de imágenes autores como Piqué y Piqué (1992) y posteriormente Terral (1997) han intentado distinguir las distintas especies leñosas a partir de diferentes criterios anatómicos. Sin embargo, la diversidad propia del material carbonizado así como las alteraciones producidas por el proceso de combustión dificultaron el desarrollo de este tipo de práctica.

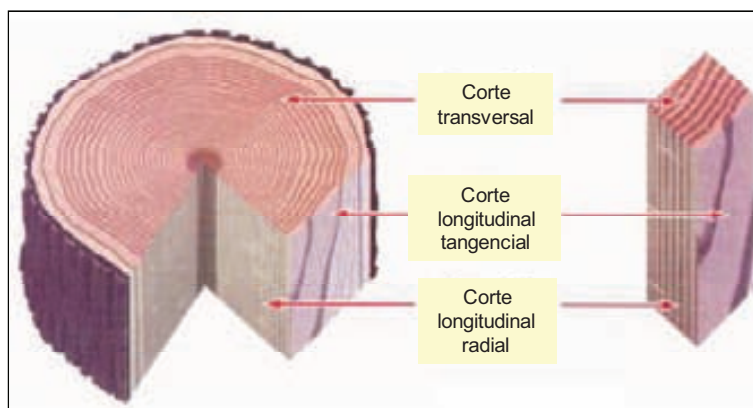


Figura 2: Planos anatómicos de la madera (extraído y modificado de Harriague, 2008)

La observación de cada uno de los tres cortes anatómicos de la madera permite obtener información diagnóstica de cada especie vegetal. El análisis del corte transversal es esencial para la determinación taxonómica (Chabal, 1997:18). En este plano se registra, entre otras cosas, el tipo de porosidad de la madera, la distribución de los vasos o poros a través de los anillos de crecimiento de, la disposición del parénquima axial. En el corte longitudinal tangencial se observa el tipo de radios, las placas de perforación, la presencia de engrosamientos espiralados, etc. En el corte longitudinal radial se ven las láminas que forman los radios leñosos, el tipo de placas de perforación, la presencia de engrosamientos espiralados, entre otros elementos.

La determinación de las especies representadas en los conjuntos arqueobotánicos tiene como punto de partida el principio de la no variación anatómica de las especies a lo largo del Cuaternario. Este tipo de análisis se basa en la comparación anatómica de carbones o fragmentos de madera procedentes de yacimientos arqueológicos con muestras de referencia actuales, permitiendo así la identificación del género y en algunos casos de la especie a la cual pertenecen los restos estudiados. La determinación se efectúa siguiendo una serie de caracteres diagnósticos ya establecidos para el estudio de la anatomía de la madera (Iawa Commite, 1989; Schweingruber 1990). Para apoyar el proceso de la identificación se utilizan diversos atlas de anatomía (Greguss, 1959; Jacquiot *et al.*, 1973; Schweingruber, 1990) y particularmente para el desarrollo de este estudio publicaciones sobre anatomía de especies leñosas americanas (Wageman, 1948; Tortorelli, 1956; Ribera, 1973-2002, Rancusi *et al.*, 1987; Inside Wood, 2004- en adelante-; Pujana *et al.*, 2008; entre otros) así como trabajos arqueobotánicos previos realizados en distintas áreas de la Patagonia argentina y chilena (Solari, 1993, 1994; Piqué, 1999; Ancíbor y Pérez de Micou, 2002; Marconetto, 2002; Rodríguez, 2003; Gaete *et al.*, 2004; Berihuete *et al.*, 2007; Caruso Fermé, 2008, 2010; Caruso Fermé *et al.*, 2008; Berihuete *et al.*, 2009; Capparelli *et al.*, 2009; Caruso Fermé *et al.*, 2009a; Caruso Fermé *et al.*, 2009b; Ortega y Marconetto, 2009, 2011; Ratto y Marconetto, 2010; Caruso Fermé *et al.*, 2011; entre otros) en los que se describen algunas especies leñosas utilizadas por las poblaciones indígenas de estas zonas. Como se mencionó anteriormente, el trabajo de identificación también se acompaña de una colección de referencia y de un trabajo de identificación anatómico de especies leñosas actuales.

El nivel de determinación del material vegetal depende de varios factores. El tamaño del fragmento puede influir sobre la calidad de la determinación. Cuanto más grande es el fragmento de material leñoso estudiado, mayor es la posibilidad de reunir todos los elementos diagnósticos que permiten la determinación de una especie. El grado de conservación del material y las alteraciones de la madera –vitrificación, grietas de contracción, etc.- pueden dificultar la observación de la estructura anatómica del material y por ende su determinación. Por último, la variedad intraespecífica de determinadas especies así como la proximidad interespecífica de otras pueden hacer difícil la determinación taxonómica.

Como se citó anteriormente, la observación de los tres planos del material leñoso permite, en la mayoría de los casos, clasificar el fragmento estudiado hasta el nivel de género o familia y en menos ocasiones se llega a la identificación de la especie. La clasificación más o menos concreta de una especie leñosa dependerá también de la variabilidad de cada una de las distintas especies dentro de un mismo género o familia, así como del estado de conservación y alteración que presente cada uno de los fragmentos analizados (Euba, 2008). En nuestro estudio, el nivel de determinación ha sido mayoritariamente a nivel de especie; no obstante en algunos casos la poca variabilidad entre las especies de algunos géneros no permitió avanzar en su determinación. Un ejemplo de ello es el género *Berberis* sp. en el cual la similitud de las características de anatomía microscópicas de su madera hace difícil la discriminación entre las distintas especies a nivel microscópico. También el género *Anarthrophyllum* sp. presentó problemas para una determinación específica. Además de la determinación a nivel de género, existen casos en los que sólo fue posible la clasificación a nivel de familia: Fabaceae y Rhamnaceae. En el caso de aquellas muestras que luego de su análisis no han podido ser determinadas taxonómicamente de manera totalmente fiable se las ha consignado en la categoría *Indeterminadas*. Por su parte, los fragmentos que no permiten la observación de los caracteres anatómicos necesarios para la determinación taxonómica fueron considerados como *Indeterminables*, más allá de las causas que los produzcan –alteración de la madera, etc.- La determinación siempre debe ser rigurosa. La falta de algunos criterios diagnósticos que permitan validar definitivamente la determinación no deben ser obviados, por fuerte que sea la presunción del taxón analizado. En estos casos lo adecuado es utilizar la abreviatura cf. delante del taxón en cuestión.



El taxón es considerado la unidad básica de clasificación de restos. Independientemente del grado de determinación alcanzado en el análisis taxonómico –género, familia o especie-, cada unidad identificada recibe el nombre de taxón. Pese a ello en este estudio se decidió extender esta definición a aquellos fragmentos que en forma repetitiva aparecen entre las muestras analizadas sin poder ser identificadas a nivel de especie, familia o género, pero que sin embargo no pertenecen al grupo categorizado como *Indeterminadas*. Las características anatómicas microscópicas de la madera demuestran que dichos fragmentos no pertenecen a ningún género, familia o especie representada entre las muestras de los sitios estudiados. La representación de estos fragmentos se registra únicamente en el sitio arqueológico Cerro Casa de Piedra 7 (prov. Santa Cruz). Teniendo en cuenta que este sitio se emplaza en un entorno caracterizado por una baja diversidad vegetal, resulta interesante resaltar la recurrencia de estos fragmentos. Problemas de carácter logístico a la hora de desplazarse hacia el interior del Parque Nacional Perito Moreno –área donde se localiza el sitio arqueológico Cerro Casa de Piedra 7- imposibilitaron su acceso para el armado de la colecciones de referencia. A fin de caracterizar el ambiente del Parque Nacional y obtener una lista florística similar para esa área se sustituyó dicha zona por otras de fácil acceso. No obstante, es factible que aun existan varias especies vegetales, sobre todo arbustivas, por coleccionar.

Por lo tanto, además de las categorías *Indeterminadas* e *Indeterminables* se utilizarán las clasificaciones Taxón A, B, C y D, para hacer referencia a determinados fragmentos cuyo análisis no posibilita la identificación de ningún género, familia o especie representados arqueológicamente o presentes en la colección de referencia y/o en el material bibliográfico consultado. Pero que sin embargo sus características de anatomía microscópica no permiten englobarlos en la categoría *Indeterminadas*. En el desarrollo del análisis taxonómico de cada uno de los sitios estudiados, se entenderá por *taxón* todos los fragmentos identificados, ya sea a nivel de género, familia o especie, incluyendo también las categorías taxón: A, B, C y D. Sólo quedando fuera de esta clasificación los fragmentos considerados como *Indeterminables* e *Indeterminados*.



### 3.4.1 Estudio comparativo de la anatomía del género *Nothofagus*

Las especies del género *Nothofagus* se extienden a lo largo de la región andino-patagónica formando en la Argentina y Chile una faja de más de 2000 km de extensión (Dimitri, 1972<sup>a</sup>, 1972b). En la Patagonia argentina son seis las especies de este género que se encuentran presentes en los bosques andino-patagónicos. De acuerdo a Dimitri (1972) las áreas de distribución de estas seis especies de *Nothofagus* es la siguiente:

1. *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst -ñire-: crece desde la prov. Neuquén hasta la prov. de Tierra del Fuego (forma el límite oriental de dispersión del género).
2. *Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst. -guindo-: crece en la prov. de Tierra del Fuego y no sobrepasa el Norte de la prov. de Santa Cruz.
3. *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst -coihue-: exclusivo de los bosques de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut.
4. *Nothofagus nervosa* (Poepp. & Endl.) Oerst. -raulí-: concentrado exclusivamente en la provincia de Neuquén.
5. *Nothofagus oblicua* (Mirb.) Oerst. -roble-: concentrado exclusivamente en la provincia de Neuquén.
6. *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser. -lenga-: crece desde Neuquén hasta Tierra del Fuego (constituye el límite superior -a partir de 900 m.- de dispersión del género desde Neuquén a Santa).

Como se puede deducirse de la figura que está a continuación (figura 3), *Nothofagus antarctica* -ñire- y *Nothofagus pumilio* -lenga- son las dos especies del género *Nothofagus* que ocupan toda la extensión norte-sur de los Bosques Andino-patagónicos. Mientras que la distribución de *Nothofagus dombeyi* -coihue- se extiende un poco más al sur del Lago Buenos Aires -Norte de la prov. de Santa Cruz), donde es reemplazado por *Nothofagus betuloides* -guindo-. Por su parte el

área de distribución de *Nothofagus obliqua* –roble- y *Nothofagus nervosa* –raulí- queda circunscripta a la provincia de Neuquén (Dimitri, 1972a).

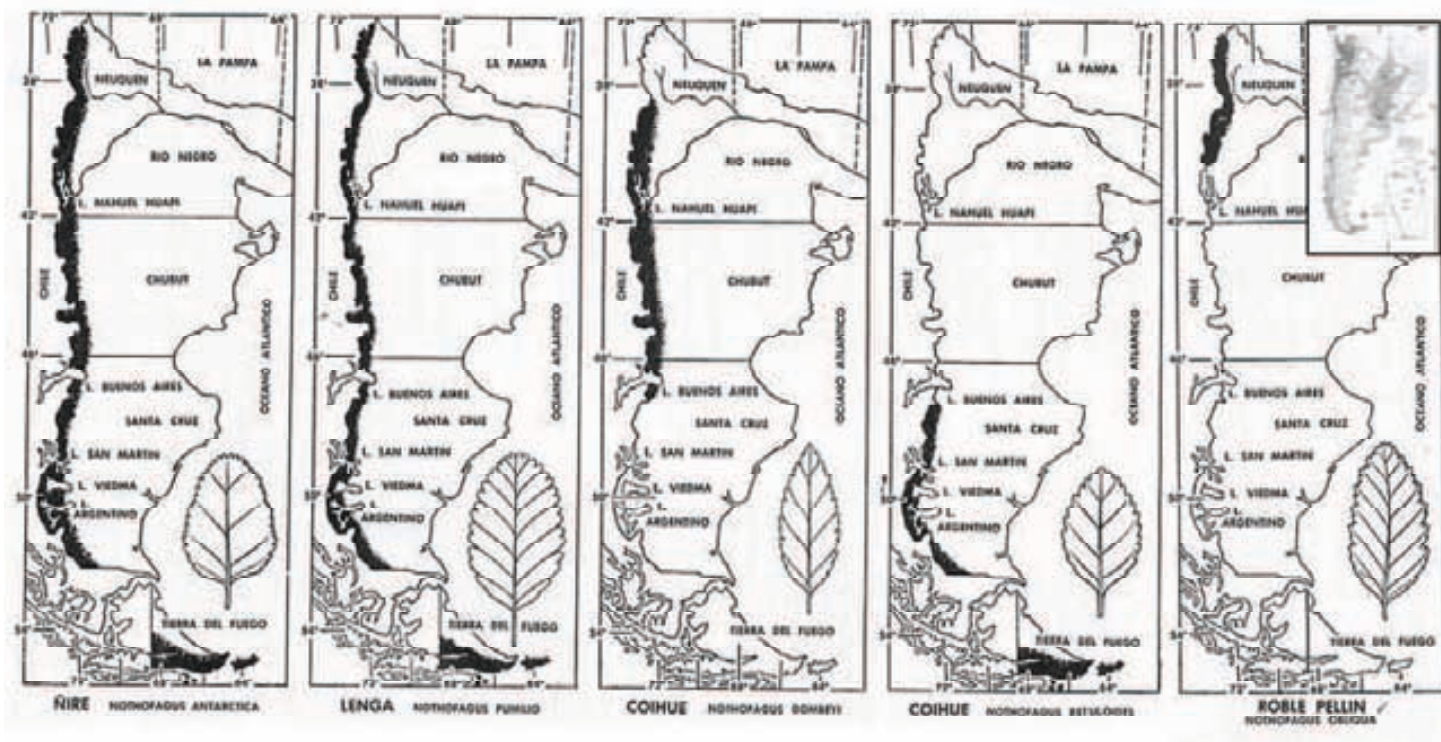


Figura 3: Áreas de distribución de cinco de las seis especies de *Nothofagus* características de los bosques de la Patagonia argentina (extraído de Dimitri, 1972a)

Distintas fuentes históricas, así como trabajos etnográficos y etnobotánicos (Muster, 1911; Wilhelm de Mösbach, 1991; Cox, 1999; Funes, 1999; Contreras Fernández, 2009; entre otros) mencionan la utilización de algunas especies patagónicas de *Nothofagus* en distintas zonas de la Patagonia. Desde nuestro ámbito de estudio la presencia de una u otra especie puede tener distinta implicancia a la hora de interpretar los resultados arqueobotánicos de un sitio arqueológico. Por esta razón el desarrollo de un ensayo de diferenciación entre especies del género *Nothofagus* puede ser una fuente de información útil para conocer las modalidades de adquisición del material leñoso, aunque haya quienes consideran que sólo pueden ser diferenciados a nivel de género (Ribera 1973-2002). Por lo tanto, la importancia del género *Nothofagus* en este trabajo ha obligado a tratar la anatomía de las especies patagónicas de este género desde una perspectiva más particular. De esta manera se decidió realizar un ensayo de

unificación, dentro de lo posible, de los criterios diagnósticos establecidos por varios especialistas para las distintas especies de éste género en la Patagonia argentina. En base a ello se caracterizó el material estudiado de los diferentes sitios arqueológicos de esta tesis.

En ocasiones para diferenciar especies de un mismo género, como es el caso de *Nothofagus*, es necesario destinar mucho análisis microscópico y trabajo simultáneo con distintos estudios que ofrecen descripciones anatómicas microscópicas, aparentemente realizadas con el mismo criterio, pero que en el caso patagónico difieren a la hora de escoger los elementos diagnósticos para determinar una u otra especie. No obstante, es importante evaluar si un análisis taxonómico a nivel de especie aporta un *corpus* suficiente de información que justifique la inversión de tiempo dedicada a la identificación de las distintas especies que conforman el género *Nothofagus* en la Patagonia argentina.

El trabajo se centró inicialmente en la descripción anatómica microscópica de las seis especies del género *Nothofagus* de la Patagonia argentina. El análisis se basó en el estudio de varios individuos y distintas parte de una misma especie, recolectadas en distintas zonas patagónicas. Posteriormente se realizó una revisión bibliográfica de aquellos trabajos en los que se tratan caracteres anatómicos diagnósticos de cada uno de los taxones. En esta primera revisión se trabajó con ocho autores (Wageman, 1949; Tortorelli, 1956; Rivera, 1973-2002; Díaz Vaz, 1987a, 1987b; Solari, 1993; Rancusi *et al*, 1987; Piqué, 1999; catálogo Inside Wood – IAWA-<sup>8</sup>) que desde distintas disciplinas -botánica, ciencias forestales, antracología- ofrecen información sobre la anatomía microscópica de las siete especies. En base a los análisis realizados y las descripciones de los autores antes citados no fue posible llegar a una identificación a nivel especie para cada uno de los seis taxones. No obstante, sí se establecieron conjuntos en los que se agrupan especies que comparten caracteres anatómicos microscópicos similares. De esta clasificación queda excluido *Nothofagus pumilio* dado que la presencia de engrosamientos espiralados en sus vasos lo hace único y fácilmente distinguible del resto de *Nothofagus*.

---

<sup>8</sup> El análisis anatómico de las distintas especies de *Nothofagus* registrado en Inside Wood (IAWA) se basan primordialmente en las descripciones realizadas por Tortorelli (1956), además de las de Poole (2002). En el análisis de *N. Obliqua* también se suma el trabajo de Nardi Berti y Edlmann Abbate (1992).

En el primer grupo se hallan las especies de *Nothofagus* que han sido denominadas de Tipo A y en el segundo las Tipo B.

-Los *Nothofagus* del **Tipo A** se caracterizan básicamente por poseer radios *homogéneos* mayoritariamente de tipo *uniseriados*, aunque ocasionalmente pueden tener algún radio biseriado en su parte central. En este grupo se hayan *N. betuloides* y *N. dombeyi*, ambas especies perenniformes –ver tabla 1-. El área de distribución actual de ambas especies demuestra que sólo existe una posible zona de solapamiento entre las mismas -Norte prov. Santa Cruz-. La localización geográfica de los sitios arqueológicos estudiados permitió determinar directamente la especie de *Nothofagus* sin tener que recurrir a la designación propuesta: en este caso Tipo A.

-Por su parte los *Nothofagus* del **Tipo B** se distinguen por sus radios *heterogéneos* de tipo *biseriado*, que no deben confundirse con los radios uniseriados que en forma alterna pueden llegar a poseer biseriados en su parte central. En este grupo se encuentran *N. oblicua* y *N. nervosa*, ambas especies caducifolias –ver tabla 2-.

-*Nothofagus antarctica* se caracteriza por sus radios *heterogéneos* y *uniseriados*, con algunos biseriados en su zona central. Sólo ocasionalmente pueden poseer radios biseriados completos –ver tabla 3-. En base a la clasificación expuesta anteriormente, esta especie tampoco será incluida en ninguno de los dos tipos de *Nothofagus* establecidos (Tipo A y B).

Con el propósito de respetar un riguroso análisis taxonómico, y ante la falta de criterios diagnósticos que permitan validar definitivamente la determinación, siempre se debe recurrir a la utilización de (cf.) por fuerte que sea la presunción del taxón analizado. Es importante dejar constancia que dada la semejanza anatómica entre las especies patagónicas de este género requiere de la continuación y profundización de esta primera aproximación en su determinación.

Grupo	ESPECIE	AUTOR	CARACTERÍSTICAS ANATOMICAS													
			Tipo porosidad	Distribución de los vasos	Orientación de los vasos	Medida de los vasos	Tylosis	Parénquima	Radio	Longitud radios	Homogéneos/HETEROGÉNEOS	Tipo de fibras	Placa de perforación	Puntuaciones vasculares	Engrosamiento espiralado	
<b>TIPO A</b>	<i>Nothofagus BETULOIDES</i> (güindo)	CARUSO FERMÉ (trabajo tesis)	difusa	agrupados (2-6)	radial	50 µm	-	-	-	UNISERIADOS	15 células	HOMOGENEO	libriformes	simples	escaliforme (algunas opuestas)	-
		RANCUSI (1987)	difusa	agrupados (2-5)	radial	-	si	difuso	UNISERIADOS	-	HOMOGENEO	-	simples	opuesta y escaliforme	-	
		RIVERA (1973-2002)	difusa	solitario y en racimos	-	-	si	ausente	UNISERIADO (90% biseriado (10%))	22 células	HETEROGÉNEO	simples y escaliforme	SI	-		
		SOLARI (1993)	difusa	agrupados y solitarios	radial	40 µm	-	poco visible	UNISERIADOS	-	HOMOGENEO	simples	escaliforme	-		
		PIQUÉ (1999)	difusa	aislados o en grupo	radial	30 y 50 µm	-	-	UNISERIADO (puede ser biseriado en algún momento)	-	homo a HETER 1	Transición entre escaliforme y simples	-	-		
		TORTORELLI (1956)	-	-	radial	60 µm	escasa	ausente o difuso	UNISERIADO o (escasos biseriados)	-	HETEROGÉNEO	fibrotraqueidas	simples	-	SI	
		WAGEMAN (1949)	difusa	solitarios y agrupados (2-6)	radial	50 µm	poca	poco visible	UNISERIADOS	10 células	HOMOGENEO	-	-	-	-	
	<i>Nothofagus DOMBEYI</i> (cohite)	IAWA	difusa	-	-	-	común	difuso	UNISERIADOS	-	-	-	simples	opuestas	SI	
		DIAZ VAZ (1987b)	-	agrupados (2-6)	radial	20 a 70 µm	si	ausente o difuso	UNISERIADOS	3-20 células	HETEROGÉNEO	-	simples	opuestas y escaliformes	-	
		CARUSO FERMÉ (trabajo tesis)	difusa	agrupados (2-5)	radial	60 µm	-	poco visible	UNISERIADOS	15 células	HOMOGENEO	-	simples	opuesta y escaliforme	-	
		RANCUSI (1987)	difusa	agrupados (3-5)	radial	-	si	difuso	UNISERIADOS (alguno biseriado)	-	HOMOGENEO	-	simples	opuesta y escaliforme	-	
		RIVERA (1973-2002)	difusa	solitario y en racimos	-	-	si	escaso	UNISERIADOS (95% biser (5%))	20 células	HETEROGÉNEO	-	simples	-	-	
		SOLARI (1993)	difusa	agrupados (2-4)	radial	-	-	poco visible	UNISERIADOS	-	HOMOGENEO	-	simples	opuesta y escaliforme	-	
		TORTORELLI (1956)	difusa	solitarios y agrupados (2-5)	radial	55 µm	(+) visible	ausente o difuso	UNISERIADOS	-	HETEROGÉNEO	fibrotraqueidas	simples	simples (a veces solo escaliformes)	-	
WAGEMAN (1949)	difusa	solitarios y agrupados (2-6)	radial	50 µm	-	poco visible	UNISERIADOS	-	HOMOGENEO	-	-	-	-			
IAWA	difusa	solitarios	angular	-	común	difuso	UNISERIADOS	-	-	-	simples	opuestas	-			

Tabla 1: Características anatómicas microscópicas de los *Nothofagus* denominados de TIPO A

Grupo	ESPECIE	AUTOR	CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS												
			Tipo porosidad	Distribución de los vasos	Orientación de los vasos	Medida de los vasos	Tylosis	Parénquima	Radio	Longitud radios	Homogéneos/HETEROGÉNEOS	Tipo de fibras	Placa de perforación	Puntuaciones vasculares	Engrosamiento espiralado
TIPO B	NERVOSA/ALPINA (raúl) Nothofagus	DIAZ VAZ (1987a)	agrupados (2-6)	radial	-	-	escaso y difuso	UNISERIADOS (biseriados y triseriados menos frecuentes)	17-35 células	HETEROGÉNEO	-	simples (a veces escaleriforme)	alternas, opuestas y (a veces escaleriformes)	-	
		CARUSO FERMÉ (trabajo tesis)	agrupados (2-3)	radial	-	-	difuso	BISERIADOS (algún uniseriados)	20 células	HETEROGÉNEO	libriformes	simples	opuestas y escaleriformes	-	
		RANCUSI (1987)	solitario y agrupados	radial	-	-	difuso	BISERIADOS (algunos uniseriados)	-	HOMOGÉNEO (ocasionalmente HETEROGÉNEO)	-	simples	opuestas y escaleriformes	-	
		RIVERA (1973-2002)	solitario y en racimos	-	-	-	ausente	BISERIADOS (70%) y uniseriada. (30)	25 células	HETEROGÉNEO	-	simples	-	-	-
		SOLARI (1993)	agrupados (2-4)	radial	-	-	poco visible	BISERIADOS	-	-	-	simples	opuesta y escaleriforme	-	
		TORTORELLI (1956)	agrupados (7)	radial	95 µm	leve	ausente o difuso	unis, biser y triseriados	-	HETEROGÉNEO	fibrotraqueidas	simples	opuestas (a veces escaleriformes)	-	
		IAWA	solitarios	angular	-	común	difuso	-	-	-	-	plana	escaleriformes y opuestas	-	
		DIAZ VAZ (1979)	-	-	-	-	-	BISERIADOS	-	-	-	-	-	-	-
		CARUSO FERMÉ (trabajo tesis)	difusa	radial	-	-	difuso	BISERIADOS	20 células	HETEROGÉNEO	-	simples	opuestas	-	
		RANCUSI (1987)	difusa	agrupados (2-12)	radial	-	abundante	unis, biser y triseriados	-	HETEROGÉNEO	-	simples	opuesta y alternas	-	
		RIVERA (1973-2002)	difusa	solitario y en racimos	-	si	escaso	BISERIADOS (70%), uniseriado (25%) y triseriados (5%)	20 células	HETEROGÉNEO	-	simples	-	-	SI
		SOLARI (1993)	difusa	agrupados (2-4)	radial	-	poco visible	BISERIADOS	-	HETEROGÉNEO	-	simples	-	-	-
		TORTORELLI (1956)	difusa	agrupados (2-4)	radial	65 µm	-	ausente o difuso	BISERIADOS (pocos uniseriados)	-	HETEROGÉNEO	fibrotraqueidas	simples	opuestas	-
		WAGEMAN (1949)	difusa	solitarios y agrupados (2-5)	radial	40 µm	abundante	poco notorio	BISERIADOS (algún uniseriado)	15 células	HETEROGÉNEO	-	simples	alternas y opuestas	-
IAWA	difusa	agrupados (mas de 4)	radial	-	común	difuso	UNISERIADOS	-	-	plana	opuestas y alternas	-			

Tabla 2: Características anatómicas microscópicas de la madera de los Nothofagus denominados de TIPO B



ESPECIE	AUTOR	CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS												
		Tipo porosidad	Distribución de los vasos	Orientación de los vasos	Medida de los vasos	Tylosis	Parénquima	Radio	Longitud radios	Homogéneos/ HETEROGÉNEOS	Tipo de fibras	Placa de perforación	Puntuaciones vasculares	Engrosamientos espiralados
<i>Nothofagus ANTARCTICA</i> (ñire)	CARUSO FERMÉ (trabajo tesis)	difusa	agrupados (2-3)	radial	30 µm	-	poco visible	UNISERIADO (algun biseriado en parte central)	10-20 células	HETEROGÉNEO	libriformes	simples	escaleriformes y ( algunas opuestas)	-
	RANCUSI (1987)	difusa	agrupados (2-4)	radial	-	-	difuso	UNISERIADOS (rara vez biseriado)	-	HOMOGÉNEO	-	simples	opuesta y escaleriforme	-
	RIVERA (1973-2002)	difusa	solitario y en racimos	-	-	si	ausente	UNISERIADOS (70% biseriado (30%))	24 células	HETEROGÉNEO	-	simples	-	-
	SOLARI (1993)	difusa	agrupados (2-4)	radial	-	si	poco visible	UNISERIADOS (a veces biseriados en parte central)	-	HOMOGÉNEO a subHOMOGÉNEO	-	simples	opuesta y escaleriforme	-
	PIQUÉ (1999)	difusa	aislados o en grupo	radial	30 y 50 µm	-	-	UNISERIADO o parcialmente biseriado	10-20 células	HOMOGÉNEO o HETEROGÉNEO	-	simples	-	-
	TORTORELLI (1956)	difusa	agrupados (2-4)	radial	30 µm	escasa	ausente o difuso	UNISERIADOS	(+) 25 células	HETEROGÉNEO	fibrotraqueidas	simples	opuestas ( algunas escaleriformes)	-
	WAGEMAN (1949)	difusa	agrupados (2-4)	radial	35 µm	abundante	poco visible	biseriados (algunos uniseriados)	10 células	HETEROGÉNEO	-	simples	opuestas ( a veces escaleriformes)	-
	IAWA	difusa	agrupados (4 o más)	radial/ diagonal	-	común	difuso	UNISERIADOS	-	HETEROGÉNEO	-	escaleriformes y opuesta	escaleriformes y opuestas	-

Tabla 3: Características anatómicas microscópicas de *Nothofagus antarctica*

### 3.5 ALTERACIONES ANATÓMICAS OBSERVADAS EN EL CARBÓN ANALIZADO

Las alteraciones de los carbones arqueológicos implican una serie de procesos y agentes que afectan a la madera y a los carbones, desde el crecimiento de la planta hasta su recuperación en la excavación arqueológica (Théry-Parisot, 1998; Allué, 2002; Euba, 2008). El análisis de las alteraciones permite, por un lado, estudiar las distintas modalidades de adquisición del material leñoso por parte de los distintos grupos humanos y, por otro, comprender la transformación del material leñoso. Los procesos responsables de las diferentes alteraciones tienen lugar en la misma formación del registro antracológico, entre ellos se encuentra el crecimiento y muerte biológica de la planta, la combustión y por último la excavación del sitio arqueológico.

-El crecimiento natural de la planta se encuentra condicionado por factores tanto ambientales como antrópicos. La madera puede sufrir distintos tipos de modificación a lo largo de su ciclo biológico, como por ejemplo la formación de nudos.

-La combustión, ya sea producida por acción antrópica o por agentes naturales (incendios), está condicionada y depende de distintas variables tales como el tiempo de combustión, la temperatura, el calibre de la madera y las propiedades de la misma. La carbonización modifica la madera convirtiéndola en carbón produciendo transformaciones en su morfología y estructura interna

-La excavación de un sitio arqueológico, conjuntamente con el muestreo del material arqueobotánico, serán los últimos procesos que padecerá el material antes de su estudio (Allué, 2002).

De esta manera, las alteraciones pueden ser clasificadas en alteraciones relacionadas con el crecimiento de la madera y alteraciones producidas durante la combustión de la madera. Entre las primeras se encuentran todas aquellas relacionadas básicamente con el crecimiento de la planta y además las producidas por microorganismos. Entre las segundas se hallan las vinculadas directamente con el proceso de combustión (Théry-Parisot, 2001; Allué, 2002; Euba, 2008, Euba *et al.*, 2010).



### 3.5.1 Alteraciones relacionadas con el crecimiento de la madera

Determinados aspectos relacionados con las actividades antrópicas -como la poda- pueden afectar la estructura de una planta (Schweingruber, 1996; Ntinou, 2000; Thiébault, 2006) durante su crecimiento. Sin embargo existen varios elementos como por ejemplo la topografía o condiciones meteorológicas, la acción de animales, avalanchas, incendio, etc. (Schweingruber, 1996, 2008) que pueden producir distintas alteraciones en la estructura anatómica de las especies leñosas. Las más comunes son los nudos, la sinuosidad, la tensión y la compresión.

Los *nudos* son quizás la alteración natural más común en el crecimiento de las especies leñosas (fig. 4). En los árboles se encuentran ramas muertas y ramas vivas. En muchas especies las ramas muertas se desprenden mientras que en otras permanecen adheridas al tronco. El cambium<sup>9</sup> cubre el fuste y las ramas vivas continuamente como un manto (Díaz-Vaz, 2003). Los nudos son el área de tejido leñoso resultante del rastro dejado por el desarrollo de una rama, cuyas características organolépticas y propiedades son diferentes a las de la madera circundante (Chan *et al.*, 2002). Comúnmente se los clasifica en nudos vivos y muertos. En los primeros existe una continuidad de los anillos de crecimiento de la madera y de las células del fuste hacia la rama. Entre los segundos, por el contrario, el cambium de la rama que muere deja de producir nuevos anillos y la rama cesa de crecer. Sin embargo, el fuste continúa formando madera por lo que los nuevos anillos del fuste recubren la rama que ya ha dejado de crecer creando de esta manera un nudo muerto. Este tipo de nudos muy probablemente se separe de la madera del fuste una vez que ésta esté seca (Díaz-Vaz, 2003:21).

La presencia de nudos es muchas veces un motivo de indeterminación taxonómica de carbones arqueológicos. La distorsión o torceduras de las células de los nudos impiden la observación de los elementos diagnósticos de cada especie imposibilitando de esta manera su determinación.

La sinuosidad de los anillos de crecimiento puede tener diversos orígenes. La recuperación de un árbol ante una fisura o el ataque de microorganismos pueden generar el crecimiento

---

<sup>9</sup> El cambium es un tejido vegetal meristemático específico de las plantas leñosas, situado entre la corteza y el leño.

desigual de sus anillos de crecimiento. El crecimiento desigual de un árbol debido a su ubicación en sitios con pendientes o la acción de fuertes vientos, también puede ser la causa de la apariencia sinuosa de los anillos de crecimiento. Según Schweingruber (1996) la aparición de sinuosidad se encuentra relacionada con condiciones climáticas cambiantes. Este tipo de alteración no debe confundirse con la ondulación característica que poseen los anillos de crecimiento de las especies del género *Nothofagus* que se encuentran en la Patagonia argentina.

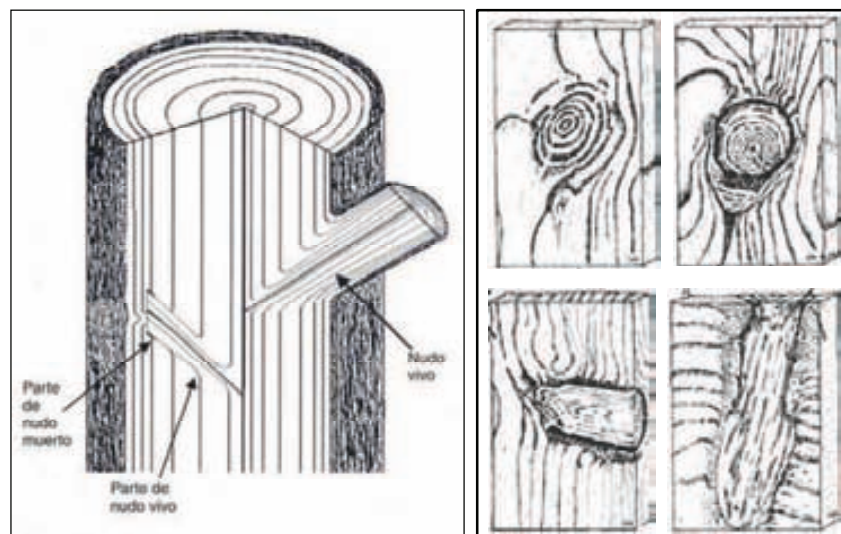


Figura 4: Izq.: Esquema de nudos vivos y muertos. Der.: Distintos tipos de nudos (extraído y modificado Chan et al., 2002)

Cuando el crecimiento de un árbol se genera bajo la acción de tensión mecánica la madera recibe el nombre de *madera de reacción*. Cuando el desarrollo se produce bajo la acción de una fuerza de tracción la madera se conoce con el nombre de *tracción* y cuando es bajo la acción de una fuerza de compresión, se la llama *madera de compresión* (Díaz-vaz, 2003; García Esteban et al., 2003). La *madera de compresión* se produce generalmente en las coníferas y es resultado de un efecto gravitatorio provocado por la pérdida de la verticalidad temporal o permanente de los árboles (Díaz-vaz, 2003:125). Esta pérdida de la verticalidad puede ser ocasionada por diversos factores como, por ejemplo, la pendiente del terreno, el efecto del viento, la nieve, etc. (Vargas y Díaz-vaz, 1992; García Esteban et al., 2003). La madera de compresión se produce en la zona del fuste que está en la cara interna de la inclinación de los árboles. Las compresiones

producen un engrosamiento de las paredes secundarias de las células (Schweingruber, 1996) – ver figura 5-.

Según Marguerie y Hunot (2007) en la sección longitudinal suelen aparecer estriaciones conspicuas paralelas alineadas al eje de las celdas en un ángulo de unos 40-45°, formando de esta manera hélices alrededor de las células. La madera de tracción o tensión ocurre generalmente en las angiospermas. Se produce en la cara opuesta a la inclinación, donde se encuentra un mayor crecimiento diametral y por ello los fustes afectados pueden tener un crecimiento excéntrico. Esta madera se caracteriza por una menor proporción de lignina, fibras con lúmenes estrechos, etc. (Díaz-vaz, 2003).

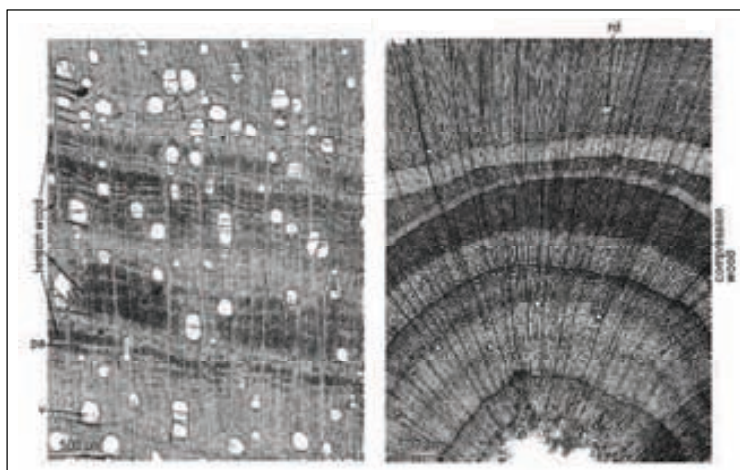


Figura 5 Izq. Madera de tensión -Betula pendula Der.: Madera de compresión -Picea alba.  
(extraído y modificado de Schweingruber et al., 2008)

El último tipo de alteración comprendida dentro del grupo de las relacionadas con el crecimiento de la madera es la *alteración por microorganismos*. Este tipo de alteración es entendida como el ataque de insectos u hongos a especies leñosas. No todas las especies vegetales ni todas las partes de la madera presentan una misma resistencia al ataque de los distintos microorganismos. Su variabilidad específica permite un desarrollo dentro de un amplio abanico de condiciones medioambientales (Théry-Parisot, 1998, 2001; Blanchette, 2000; Carrión y Badal, 2004; Carrión, 2005, 2006; Badal, 2006; Moskal-del Hoyo *et al.*, 2010). En general el ataque de los microorganismos se observa en el leño final, donde la madera suele tener un estado más débil (Théry Parisot, 1998).

### **3.5.1.1 Hifas y micelios**

El hongo se desarrolla en forma de elementos filamentosos “hifas” en el interior de la estructura de la madera y se transmite por la estructura celular a través de las punteaduras intervasculares –ver figura 6-. Su acción provoca un adelgazamiento y pérdida de consistencia de la estructura interna de la madera (Carrión y Badal, 2004; Carrión, 2005; Euba, 2008). Las alteraciones de la microestructura varían ligeramente en intensidad de una especie a otra. Las hifas suelen instalarse en la madera una vez muerto el árbol. El desarrollo de *micelios* o conjuntos de hifas, puede afectar tanto a árboles en pie, como a la madera cortada y a la madera muerta (Théry-Parisot, 1998; Blanchette, 2000; Carrión, 2005; Moskal-del Hoyo *et al.*, 2010). Aunque siempre anterior a la toda combustión, no se ha podido llegar a la determinación del momento en que se produjo la contaminación de la madera en el pasado. La presencia de hongos en el carbón no es indicativa del momento de contaminación de la madera, ya que bien podría ser anterior –ramas muertas/vivas contaminadas- o posterior a su obtención –ramas sanas contaminadas durante un prolongado proceso de almacenamiento- (Théry-Parisot, 1998; Carrión, 2005).

De la misma manera que los rasgos estructurales de la madera, las hifas se conservan luego del proceso de carbonización de la madera, pudiendo permanecer así en los fragmentos de carbón (Schweingruber, 1982; Théry-Parisot, 1998). Según Durand (2004) la observación de las hifas por microscopio permite discriminar el momento de instalación de las mismas, pudiéndose determinar si su desarrollo fue previo o posterior a la carbonización. Las hifas establecidas antes de la combustión de la madera se caracterizan por un aspecto blanco y brillante que refleja la luz, contrariamente a las hifas post-combustión (Durand, 2004). Experimentaciones llevadas a cabo con el objetivo de reproducir el estado de putrefacción de maderas actuales (Théry-Parisot, 1998) posibilitó un buen conocimiento de las deformaciones anatómicas provocadas por la acción de hongos de descomposición de la madera, permitiendo de esta manera su reconocimiento en material prehistórico. El ataque por hongos puede hacerse evidente por la presencia de hifas (ver figura 6) y por la distorsión anatómica de la microestructura que presenta un aspecto fibroso, paredes celulares deformadas de aspecto sinuoso y dentado, etc. (Théry-Parisot, 1998, 2001).

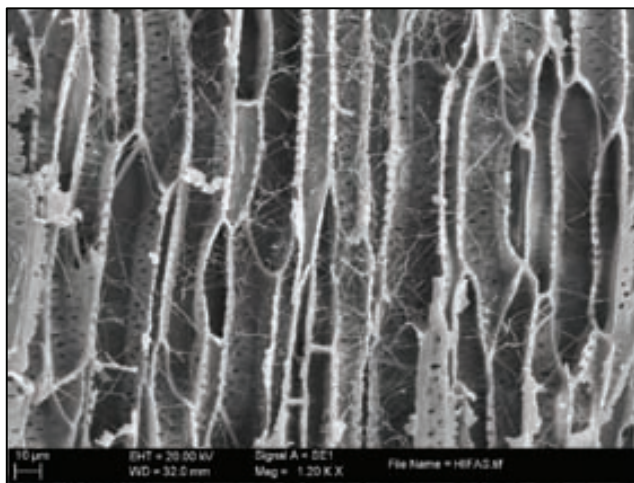


Figura 6: Carbón de *Escallonia rubra* con presencia de bifas

Siguiendo a Juacida y Quintanar (1992), la vida útil de la madera estaría dada por aspectos inherentes a su naturaleza. Las maderas más densas y oscuras tendrían, en general, una vida más prolongada ya que las sustancias hidrófobas y biocidas así como la cantidad de oxígeno y la disponibilidad de agua limitan el ambiente para el desarrollo de los hongos de distintas maneras (Santander Vásquez, 2007). Según Théry-Parisot (2001) el estado de degradación de la madera así como las alteraciones por ella producidas dependerán de la especie de hongo y del tipo de madera. El ataque por microorganismos es variable de la misma manera que la amplia diversidad de tipos de hongos. Entre las especies nativas de la Patagonia, tanto el duramen como la albura de *Nothofagus dombeyi* (coihue) presentan escasa durabilidad natural frente al ataque de hongos: solamente su duramen muestra una relativa durabilidad (Juacida y Liese, 1980).

### **3.5.1.2 Insectos xilófagos**

Los insectos xilófagos pueden atacar árboles en pie, madera verde, madera cortada y material seco almacenado (Fischesser, 2000; Santander Vásquez, 2007). Existen insectos que consumen varias especies -“polífagos”- y otros que consumen sólo una -“monófagos” (Price, 1997). El tipo de daño por insectos en los vegetales es muy variable, y en general depende del



comportamiento alimentario en las distintas etapas de su desarrollo. Por esta razón se los ha clasificado en grandes grupos (Thompson, 1988; Bernays y Chpman, 1994; Dolly Lafranco *et al.*, 2002; Gallard y Rojas, 2004), entre los cuales se encuentran los insectos defoliadores, succionadores, minadores, masticadores y barrenadores –del floema, del xilema y de árboles en pie-. Los insectos barrenadores pueden provocar daño en gran cantidad de órganos y tejidos diferentes de la planta, tales como tallos herbáceos y leñosos, ramas, fustes, cortezas, cambium, floema y xilema (albura y/o duramen). En general los barrenadores son importantes en las etapas de huevo y pupa, pero sobre todo en su fase adulta ya que una vez realizada la ovipostura la progenie, en la mayoría de los casos, está impedida de cambiar el hospedante elegido por el insecto adulto (Thompson, 1988; Dolly Lafranco *et al.*, 2002; Suárez Hernández, 2003). Las larvas realizan galerías verticales y transversales, y ambos tipos de galerías son visibles en los tres planos anatómicos de la madera -ver figura 7 A, B, C y D- (Carrión y Badal, 2004; Carrión, 2005), aunque no todas las alteraciones que producen este tipo de organismos pueden distinguirse con claridad (Théry-Parisot, 1998; Badal, 2001).

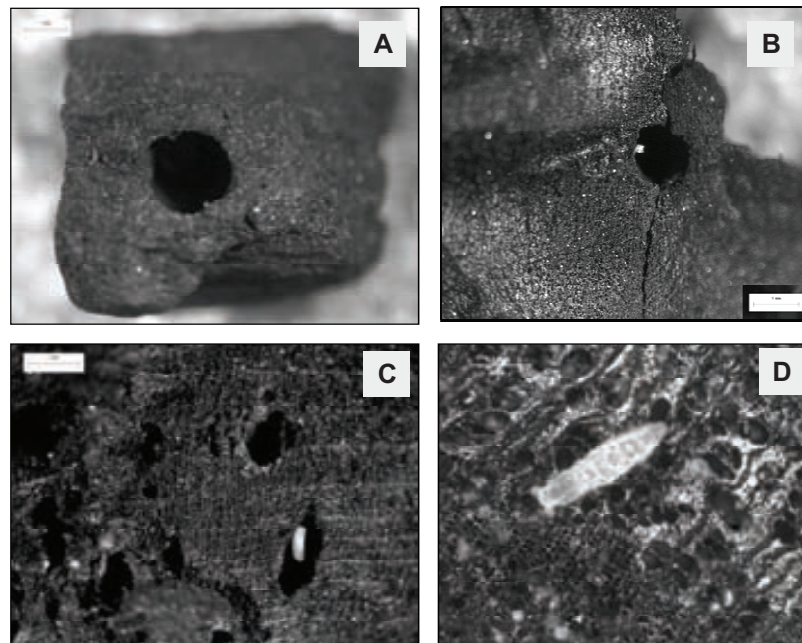


Figura 7 A-B: Marcas de insecto xilófago en carbón de *Nothofagus dombeyi*. C: insecto xilófago en un carbón de *Nothofagus antártica*  
D: insecto xilófago en un carbón de *Nothofagus dombeyi*<sup>10</sup>  
(Sitio Paredón Lanfré)

<sup>10</sup> El material fotográfico fue enviado a la Dra. Dolly Landranco (UACH) quien junto a su equipo revisaron el material. La muestra aun se encuentra en período de identificación.

Muchos de los insectos que ocasionan daño a los arboles son sumamente difíciles de detectar en el lugar que lo ocasionan, sobre todo a causa de su movilidad. No obstante, como producto de su misma acción a menudo es posible encontrar un tipo de signo o daño característico –sendas, orificios de ovipostura, galerías, etc.- que permitan determinar el o los agentes causales (Dolly Lafranco *et al.*, 2002; Suárez Hernández, 2003; Reyes Capurro, 2007; Santander Vásquez, 2007). De esta manera, la identificación de la especie leñosa hospedante y la determinación del tipo de insecto podrían brindar cierta información estacional en cuanto al material leñoso recuperado en un yacimiento. Pero no así la estacionalidad del sitio arqueológico, ya que la misma estará vinculada al ciclo biológico de cada insecto –ver tabla 4-.

Esta línea de trabajo no ha sido aplicada durante el desarrollo de esta tesis debido, por un lado a la baja incidencia de marcas de insectos xilófagos entre el material estudiado. Por otro, se carece de una colección de referencia que atestigüe el ataque de distintos agentes. Por último, es indispensable el trabajo conjunto con especialistas en entomología forestal para poder comparar el material arqueológico con el actual. No obstante, no se descarta la posibilidad de poder implementar esta línea de trabajo en futuros trabajos arqueobotánicos.

INSECTO XILOFAGO	HOSPEDANTE	CICLO TENTATIVO (fase adulto)
<i>Cheloderus childreni</i> Gray	<i>Nothofagus dombeyi</i>	noviembre a marzo
<i>Holopterus chilensis</i> Blanchard	<i>Nothofagus dombeyi</i>	diciembre a enero
<i>Notiopostega atrata</i> Davis	<i>Nothofagus dombeyi</i>	septiembre a noviembre
<i>Cheloderus testaceus</i> Blanchard	<i>Nothofagus dombeyi</i> <i>Nothofagus pumilio</i>	julio a octubre
<i>Chileocomadia valdiviana</i>	<i>Nothofagus pumilio</i> <i>Nothofagus dombeyi</i> <i>Maytenus boaria</i>	septiembre a febrero
<i>Gnathotrupes vafer</i>	<i>Nothofagus antarctica</i> <i>Nothofagus dombeyi</i> <i>Nothofagus pumilio</i>	invierno austral
<i>Calydon submetallicum</i>	<i>Nothofagus antarctica</i> <i>Nothofagus dombeyi</i> <i>Nothofagus betuloides</i> <i>Nothofagus pumilio</i> <i>Drymis winteri</i>	primavera austral

Tabla 4: Insectos xilófagos, según la especie leñosa hospedante y el ciclo de acción

Los insectos xilófagos pueden atacar tanto madera muerta como viva, por lo que la presencia o ausencia de marcas entre el material arqueológico no debe ser interpretado como la representación de madera muerta (Théry-Parisot, 1998; Dufraisse, 2006).

La diferenciación de la madera sana y la madera alterada permite no solo discutir sobre las modalidades de gestión del material leñoso, sino también distinguir una recolección de tipo *aleatoria* fundada en la accesibilidad de la madera, en la cual se privilegia una elección basada en el estado fenomenológico, fisiológico y morfológico de la madera; de una recolección de tipo *selectiva* basada en la gestión de la madera en pie (Théry-Parisot, 2001).

### **3.5.2 Alteraciones producidas durante el proceso de combustión de la madera**

El proceso de combustión puede producirse bien por agentes naturales, incendios de plantas vivas y muertas, como por agentes antrópicos, mediante la utilización de la madera como leña. Las alteraciones producidas durante el proceso de combustión dependerán por un lado del estado de la madera el momento de su combustión: *seco* o *verde* y *sano* o *degradado* y las condiciones en las que se produzca el acto de la propia combustión. Las alteraciones que se producen durante la combustión se encuentran directamente relacionadas con las condiciones de la madera utilizadas en el desarrollo de un fuego. Maderas verdes o degradadas por el ataque de microorganismos no se transformarán de la misma manera por la acción del fuego. La combustión es una reacción química producida por la combinación de tres elementos: combustible, oxígeno y comburente.

Según Chabal y coautores (1999), a partir de 200° C la madera se seca y libera vapor de agua junto con otros gases. Entre 200 y 280 °C los gases se descomponen; a partir de los 300 °C empieza la fase exotérmica y a los 500°C se producen las brasas (Chabal *et al.*, 1999:51) –ver figura 8-. En la combustión existen variables relacionadas con el proceso pero a la vez hay variables que intervienen en el mismo.



Entre las variables *relacionadas* con el proceso de combustión se encuentran, por ejemplo, las condiciones de la madera, es decir su estado (verde, seco, sano y degradado), el calibre de las maderas y las propiedades físico químicas de las maderas puestas al fuego. Las variables que *intervienen* en la combustión son las características del suelo donde se lleva a cabo el fuego, el tiempo, el ambiente reductor y oxidante y la utilización de una única o varias especies leñosas. El análisis del material carbonizado permite observar dos tipos de alteraciones relacionadas con el proceso de combustión: la *vitrificación* y las *grietas de contracción*. Ambas alteraciones son fácilmente distinguibles, sobre todo en el plano transversal del carbón.

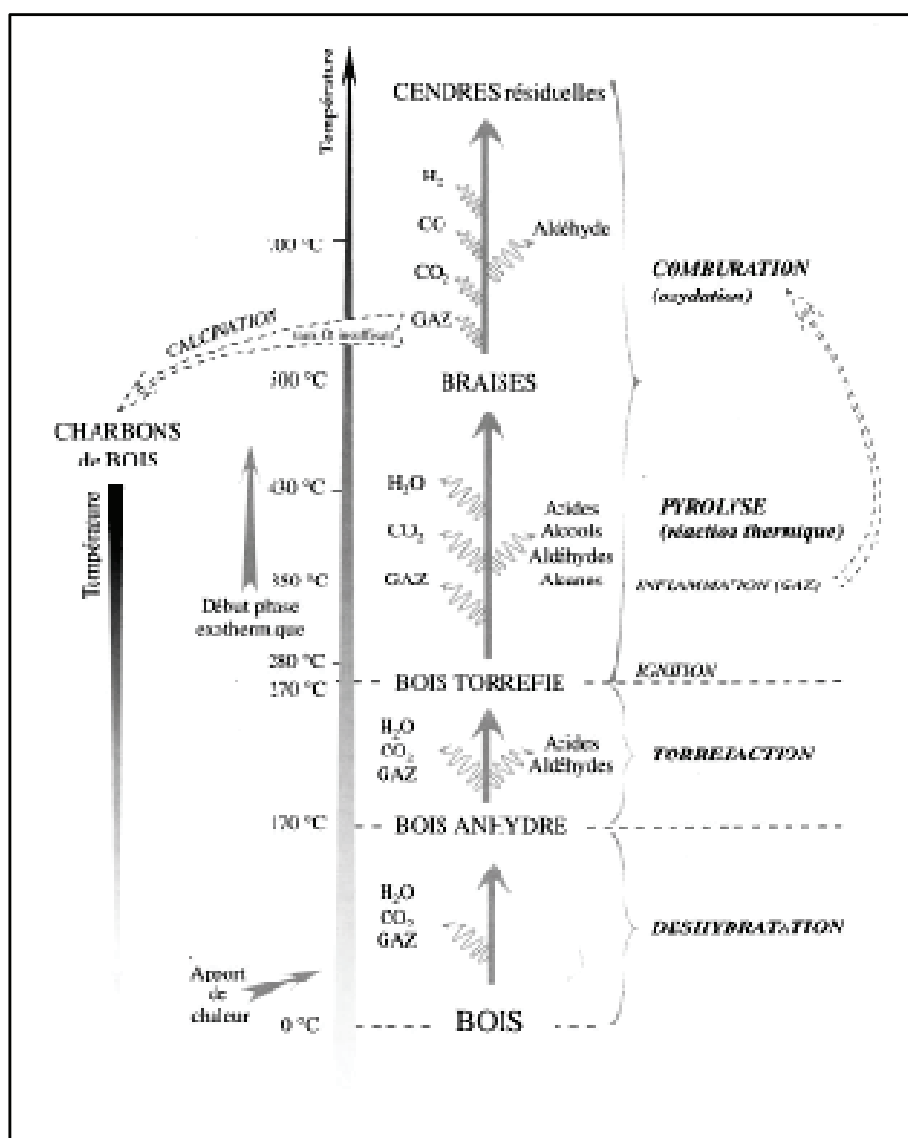


Figura 8: Proceso de combustión según Chabal et al. (1999)

### 3.5.2.1 Vitricificación

La *vitricificación* es un término que normalmente se aplica a las sustancias que se han convertido en un aspecto similar al vidrio debido a la exposición a altas temperaturas (McParlan *et al.*, 2010). Este término es utilizado en antracología para describir el aspecto vítreo de algunos carbones –ver figura 9-. Por vitricificación se entiende a la homogenización y fusión de distintos elementos anatómicos que conducen a la desaparición de algunos criterios de determinación tales como las puntuaciones, perforaciones y reforzamientos espiralados, homogeneización de la estructura, etc. (Théry-Parisot, 2001:72). Cuando este fenómeno concierne a la totalidad de la muestra, la especie no podrá ser determinada. Según los trabajos de algunos autores (Prior y Alvin, 1983; Thinon, 1992; Fabre, 1996; Tardy, 1999; Gale y Cutler, 2000), la carbonización a altas temperaturas y la elevada tasa de humedad de la madera podrían ser el origen de la vitricificación (Thinon, 1992).

Scheel-Ybert (1998), luego de su experimentación con maderas de diferentes especies (en estado verde y semiseco), carbonizadas en una mufla y al aire libre a temperaturas entre 450 y 700 °C, confirma, aunque de forma no concluyente, una relación entre la vitricificación y la madera verde. Sin embargo, experimentaciones llevadas a cabo por Théry-Parisot (1998) no han logrado obtener, salvo fragmentos aislados, carbón vitricificado en hogueras al aire libre, pero sí en un medio reductor, es decir, con poca entrada de oxígeno.

Según Carrión (2005) y Marguerie y Hunot (2007), el fenómeno de la vitricificación es propicio ante la combustión de madera verde (con importante cantidad de humedad) en condiciones reductoras, con una combustión lenta y a temperatura estable -400°/600°C- semejante a las de las carboneras. En el caso del carbón procedente de turberas –caracterizadas por condiciones anaeróbicas y una tasa de humedad elevada- también es frecuente encontrar este tipo de alteración (Carrión, 2005). Lo mismo sucede en el carbón procedente de incendios naturales, donde la gran cantidad de anhídrido carbónico liberado y depositado en la ceniza remanente en el suelo frecuentemente provoca la mineralización de parte del carbón cubierto por las mismas cenizas (Moore, 2000).

Scheel-Ybert (1998) y V. Py y B. Ancel (2006) plantean que aquellos taxones resinosos muestran mayor tendencia a vitrificarse. Sin embargo, según McParlan y colaboradores (2010) la carbonización experimental de maderas resinosas o verdes a altas temperaturas –hasta 1100°C- no evidencia caracteres diagnósticos de vitrificación. En sus experimentos la estructura de la madera se mantuvo intacta en todos los casos, por lo que las altas temperaturas, así como la resina de las maderas no parecen ser la causa principal de la vitrificación.

Las diferentes experimentaciones realizadas demuestran que el fenómeno de la vitrificación se observa en distintas condiciones de carbonización. Como se ha mencionado, este proceso no siempre se ejecuta bajo las mismas condiciones de oxígeno, temperatura, etc.; por esta razón no existe un denominador común que produzca la vitrificación. Este fenómeno se encuentra aún en proceso de estudio

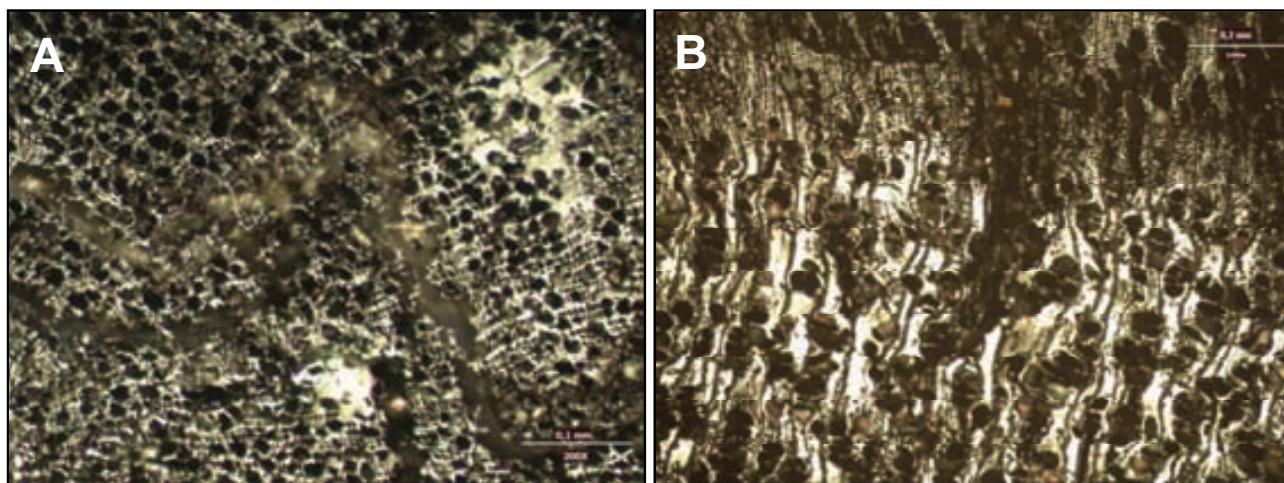


Figura 9 A: Vitrificación parcial en carbón de *Empetrum rubrum* (sitio Ewan, Tierra del Fuego)  
B: Vitrificación parcial en carbón de *Nothofagus dombeyi* (sitio Cerro Pintado, Chubut)

### 3.5.2.2 Grietas de contracción

Las *grietas de contracción* es el otro tipo de alteración relacionada con el proceso de combustión. Esta alteración se suele observar en la sección transversal de la madera (Fischesser, 2000). La contracción puede producirse debido a la reducción del contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras de madera –entre 30 y 25%– (Théry Parisot y Henry, 2011), pero también puede producirse de forma natural durante el secado de la madera. Sin embargo, durante el proceso de combustión, el agrietado es amplificado artificialmente –ver figura 10A, B y C-. Este tipo de alteración es clásicamente atribuida a la evaporación del agua de la madera durante las primeras fases del proceso de combustión. Por esta razón, la presencia de grietas en los carbones suele considerarse un indicador potencial del contenido inicial de humedad de la madera puesta al fuego y, por ende, un elemento discriminador de la utilización de madera verde o madera seca.

La carbonización conduce a la contracción de la microestructura de toda la madera. Pero según algunos autores (Zicherman, 1981; Prior y Alvin, 1983, 1986; Prior y Gasson, 1993; Scott *et al.*, 2000; Théry-Parisot, 2001; McParland *et al.*, 2007; Pastor-Villegas *et al.*, 2007) bajo condiciones específicas la carbonización puede llevar a la aparición de grietas radiales de contracción. De acuerdo con Prior y Alvin (1983), las grietas suelen asociarse con el tamaño de los radios; de esta manera los taxones con radios anchos tendrán mayor potencial ante la formación de grietas. Trabajos experimentales llevados a cabo por Prior y Gasson (1993) permiten concluir que el comportamiento de las maderas durante su carbonización se encuentra influenciado por la naturaleza de sus fibras. Siguiendo a Zicherman (1981), las grietas radiales tienden a aparecer entre 200 y 270° C. Esto se debe a dos razones: la primera a la contracción resultante de la evaporación de la humedad de la madera y la segunda al flujo de plástico debido a la tensión térmica.

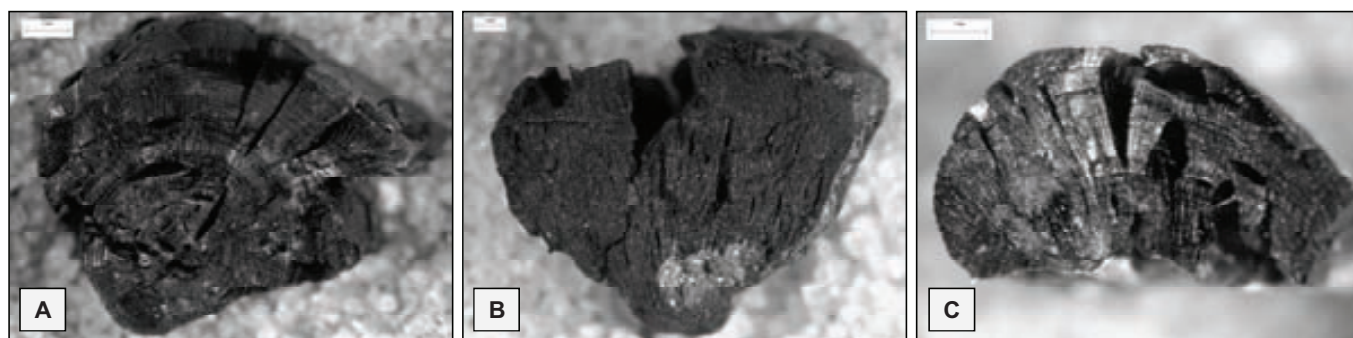


Figura 10: Carbones con grietas de contracción. A: Carbón experimental de verde de *Fitzroya cupressoides*. B: Carbón experimental de seca de *Nothofagus antarctica*. C: Carbón experimental de verde de *Austrocedrus chilensis*.

Distintos trabajos experimentales llevados a cabo con madera verde y seca de *Populus nigra* (L. var. *italica* Koehne) –álamo negro-; *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl –roble albar- (Théry-Parisot, 2001); *Pinus sylvestris* –pino común- (Théry-Parisot, 2001; Théry-Parisot y Henry 2012); *Austrocedrus chilensis* –ciprés de la cordillera-; *Fitzroya cupressoides* –alerce-; *Nothofagus antarctica* –ñire- y *Nothofagus dombeyi* –coihue- (Caruso Fermé y Théry Parisot, 2011) demuestran, por un lado, que las grietas radiales de contracción pueden producirse en cualquier tipo de madera cualquiera sea su estado. Por otro lado señalan, que la presencia de grietas debe ser interpretada como un resultado directo del proceso de calentamiento normal de la madera puesta al fuego y no en relación con el estado de la misma.

Durante el proceso de combustión, el secado de la humedad residual de la madera que se produce durante la primera fase de la combustión, genera tensiones internas que conducen a la aparición de grietas radiales independientemente del contenido de humedad de la madera (Thuvander y Berglung, 2000). El resultado de la tensión térmica en el interior de la lignina de las paredes celulares –flujo plástico- implica el rajado y agrietado de la madera. Este hecho, según Zicherman (1981), no mantiene ningún tipo de relación con el contenido de humedad de la madera. Por lo tanto, el porcentaje de muestras arqueológicas que evidencien grietas radiales de contracción no debe ser considerado una evidencia contundente de combustión de madera verde en hogares antiguos (Caruso Fermé y Théry-Parisot, 2011; Chrzavzez *et al.*, 2012; Théry-Parisot y Henry, 2012). El cálculo del número medio de grietas de contracción/mm<sup>2</sup> se presenta como una buena estimación del contenido de humedad de la madera puesta al fuego,

permitiendo así discriminar la combustión de madera verde o madera seca. Este mismo método puede ser aplicado en material arqueológico, tanto en especies de pino (Chrzavzez *et al.*, 2012; Thèry-Parisot y Henry, 2012), como en otras gimnospermas y angiospermas (Caruso Fermé y Thèry-Parisot, 2011)

### **3.6 EXPERIMENTACIÓN SOBRE LOS EFECTOS DE LA COMBUSTIÓN EN ESPECIES NATIVAS DEL BOSQUE ANDINO PATAGÓNICO**

Existen distintas investigaciones orientadas al estudio de las estructuras de combustión (Wattez, 1988; March y Ferrerri, 1989; March *et al.*, 1989; Orliac y Wattez, 1989; Wunsch, 1991, 1996; March, 1996), a las técnicas de producción del fuego (Perlès, 1977; Collina - Girard, 1989, 1993), a los procesos de combustión y análisis de los residuos (Chabal, 1982, 1989, 1990, 1992; Chabal *et al.* 1999; Thèry-Parisot, 1998, 2001), y a los procesos postdepositacionales que influyen en la conservación de los hogares (Butzer, 1989; March, 1996; Wattez, 1996; Fernández Ruiz, 2008).

La experimentación arqueológica también es un instrumento necesario para entender las fases del proceso de combustión. Por ello existen diversos trabajos experimentales (Nichols *et al.*, 2000; Py, 2006; Allué *et al.*, 2007; Caruso Fermé, 2008, 2010; Braadbaa, 2009; Dufraisse *et al.*, 2010; Girolamo y D'Oronzo, 2010; McParland *et al.*, 2010; Miller *et al.*, 2010; Thèry-Parisot *et al.*, 2010; Caruso Fermé e Iriarte, en prensa; entre otros) que intentan responder diversos interrogantes relacionados con la combustión de material leñoso y con la contrastación de hipótesis surgidas de la investigación arqueológica (Alonso y Piqué, 2009). A diferencia de la mera observación pasiva –validación de las hipótesis desde el registro arqueológico recuperado-, la experimentación en cambio interviene de manera activa en la observación haciendo posible su repetición, aislamiento y pudiendo variar sus elementos de análisis (Morgado y Baena Preysler, 2011). La experimentación es un método por el cual se intenta comprender cómo la modificación de uno de sus componentes o parámetros implica modificaciones sobre los otros parámetros-. La validación de la experimentación pasará, por lo tanto obligatoriamente, por el control de un máximo de variables (Beyries, 2009).



La experimentación posibilita determinar las cualidades que posee una especie leñosa como combustible y comprender su comportamiento en el proceso de combustión (Bazile-Robert, 1982; Théry-Parisot, 2001; Théry-Parisot y Costamagno, 2005). El diseño experimental permite al investigador alcanzar un conocimiento más acabado del fenómeno estudiado. No obstante, toda experimentación presenta ciertas limitaciones generadas por la dificultad de reproducir de manera idéntica las situaciones pasadas.

Los resultados antracológicos del sitio Paredón Lanfré plantearon diversos interrogantes en cuanto a las propiedades combustibles de cuatro especies leñosas -*Austrocedrus chilensis*, *Fitzroya cupressoides*, *Nothofagus antarctica* y *Nothofagus dombeyi*- y las estrategias de consumo de las mismas por parte de los cazadores-recolectores que ocuparon este sitio. El estudio de las alteraciones de los carbones reveló un alto porcentaje de fragmentos de *Austrocedrus chilensis* y *Fitzroya cupressoides* con grietas de contracción en contraste con las muestras de *Nothofagus antarctica* y *Nothofagus dombeyi* las cuales evidencian porcentajes inferiores. Debido a que actualmente son escasos los datos que se tienen sobre las propiedades combustibles de las especies nativas de los bosques patagónicos, se decidió realizar un trabajo experimental y estudio cuantitativo de los carbones. Este trabajo tiene como objetivo general obtener datos experimentales que permitan conocer las propiedades combustibles y entender el comportamiento ante el fuego de estas cuatro especies leñosas. Por otro lado, el trabajo experimental posee como objetivos específicos explorar: a) si las grietas de contracción de los carbones responden al estado fisiológico de la madera utilizada y b) si en el caso del carbón arqueológico identificado como *Austrocedrus chilensis* y *Fitzroya cupressoides* existe correlación entre el calibre de la madera utilizada y el número de grietas de contracción registrado entre los carbones. Es decir, si el diámetro de la madera puede ser un factor determinante en la aparición de este tipo de alteración.

El trabajo experimental se estructura en dos partes. Una primera caracterizada por la realización de una serie de combustiones controladas y el estudio de los carbones procedentes de cada una de ellas. La segunda se basa en el reestudio del material arqueológico del sitio Paredón Lanfré, siguiendo el mismo método aplicado en el análisis del material experimental. A su vez se midió el calibre de cada carbón.

La primera parte del trabajo experimental se basa por un lado, en el estudio de las propiedades combustibles de las especies, teniendo como eje de análisis la temperatura, la duración de la combustión y de la llama, además del estado fisiológico y morfológico de las maderas utilizadas. Esta fase se caracteriza por la realización de un conjunto de combustiones controladas, llevadas a cabo con cuatro especies típicas del bosque andino-patagónico: *Austrocedrus chilensis*, *Fitzroya cupressoides*, *Nothofagus antarctica* y *Nothofagus dombeyi*. Se realizó un total de 16 fuegos, cuatro por cada una de las especies. Dos de los cuatro fuegos se efectuaron con ramas secas y dos con ramas verdes. A pesar de que para estudiar las alteraciones por combustión a través de fuegos experimentales es recomendable la utilización de madera de distintos individuos de una misma especie, el hecho de estar trabajando con una especie protegida –*Fitzroya cupressoides*– generó una modificación en el protocolo de actuación: todos los fuegos experimentales de las cuatro especies leñosas fueron realizados con madera de un mismo individuo<sup>11</sup>, de esta manera no sólo se intensificó el cuidado en lo que respecta a esta determinada especie leñosa si no que redujo la alteración de los resultados.

Por otro lado, esta primera parte se basa en el estudio del residuo de combustión de cada una de las combustiones experimentales. A tal fin se analizaron 25 carbones de cada uno de los distintos fuegos. Para cada uno de los carbones se realizó la cuantificación de las grietas de contracción existentes en el plano transversal,, la toma de medidas del largo y ancho del plano transversal (necesarias para calcular la superficie de cada ejemplar) y en el cálculo de la media de grietas de contracción/mm<sup>2</sup>.

La segunda parte del trabajo radica en la contrastación de los resultados experimentales con los del análisis de carbones arqueológicos de coníferas. Para ello se reestudiaron los carbones siguiendo el mismo método que en el material experimental. A su vez se midió el calibre de cada carbón. (El desarrollo en detalle del trabajo experimental se expone en el apartado del sitio Paredón Lanfré – Capítulo 6 pág.-

---

<sup>11</sup> En el caso de *Fitzroya cupressoides* para los fuegos con madera verde se utilizó madera de poda (La forma de proceder con esta especie fue consultada con personal de la Administración Parques Nacionales, Delegación Regional Patagonia, Bariloche, Argentina)



### 3.6.1 Metodología para el estudio de las grietas de contracción por análisis de Imagen

El porcentaje de grietas de contracción no tiene valor diagnóstico en el seno de una muestra. Sin embargo, como se citó anteriormente, el cálculo del número medio de grietas de contracción/mm<sup>2</sup> es un método que permite discriminar tanto en material experimental como arqueológico la combustión de madera verde o madera seca. Con este objetivo fueron estudiadas las grietas de contracción presentes en los carbones de las distintas muestras del trabajo experimental y en las arqueológicas de uno de los sitios analizados –Paredón Lanfré-. Este sitio evidencia una alta presencia de grietas de contracción en más de una especie vegetal, hecho que lo hace idóneo para la aplicación de este tipo de metodología.

Las grietas de contracción presentes, tanto en carbones experimentales como arqueológicos, fueron estudiadas mediante la utilización de un analizador de imágenes *image pro-plus*<sup>12</sup>. A través de una cámara conectada a un binocular Leica (MZ6)<sup>13</sup>. El plano transversal de cada carbón fue fotografiado (ver fig.11) y sobre cada una de las imágenes realizadas se procedió a la cuantificación de las grietas de contracción de todos los carbones estudiados.



Figura 11: Cuantificación de grietas sobre el plano transversal del carbón (carbón experimental)

<sup>12/13</sup> Laboratoire d'Archéobotanique de CEPAM (Centre d'études Préhistoire Antiquité Moyen Age), laboratoire du CNRS

En cada carbón también se midió el largo y ancho del plano transversal, medidas necesarias para poder calcular la superficie de cada fragmento. De esta manera, sobre la base del número de grietas de contracción y la superficie de cada fragmento fue posible calcular el número medio de grietas de contracción/mm<sup>2</sup> para cada uno de los carbones –ver tabla 5-. Posteriormente, se realizó este mismo cálculo para cada una de las muestras de carbón arqueológico y para las cuatro especies nativas utilizadas en la experimentación comentada anteriormente.

Nº carbón	Longitud (mm)	Ancho (mm)	superficie	Nº grietas	Nº medio de grietas/100mm <sup>2</sup>
1	10,83	12,65	137,00	17	12,41
2	9,09	16,61	150,98	16	10,60
3	6,14	13,01	79,88	74	92,64
4	6,7	10,88	72,90	9	12,35
5	7,78	13,02	101,30	1	0,99
6	8,3	15,88	131,80	8	6,07
7	9,59	16,88	161,88	37	22,86
8	11,86	13,78	163,43	17	10,40

Tabla 5: Ejemplo del cálculo del número medio de grietas de contracción/mm<sup>2</sup> (carbones experimentales, madera seca de *Nothofagus antarctica*)

### 3.7 ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MATERIAL LEÑOSO Y LAS CAUSAS DE SU VARIACIÓN

A lo largo del tiempo el material leñoso ha sido aprovechado por los integrantes de todo tipo de sociedades para satisfacer un variado número de necesidades. La madera utilizada puede ser caracterizada, entre otras cosas, por su estado fisiológico (madera seca o verde), fenomenológico (madera sana o alterada) y procedencia (terrestre, marina o lacustre). Eventualmente residuos y/o artefactos pasan a formar parte del yacimiento arqueológico hasta su posterior recuperación. Una vez incorporado al yacimiento el material está sujeto a diversas interacciones con otras materias orgánicas, sustancias minerales y líquidos (agua marina, continental, etc.). El estudio de partículas sedimentarias y minerales presentes en carbones y maderas arqueológicas puede contribuir a entender cuáles son los elementos y procesos responsables de la incorporación y/o pérdida de dichas partículas y precipitados minerales en

la madera, desde su lugar de crecimiento, sitios de contacto con otros elementos, las modalidades de utilización y su posterior enterramiento en un yacimiento arqueológico (Durand and Shelley, 1999, Caruso Fermé e Iriarte, en prensa)

La determinación de partículas sedimentarias y precipitados minerales en carbones y maderas arqueológicas es una fuente potencial de información sobre la estrategia de aprovisionamiento, uso e historia postdeposicional de los restos leñosos. Ante dicha potencialidad se decidió abordar el estudio de distintas partículas sedimentarias y precipitados minerales detectados en los restos leñosos del sitio Orejas de Burro 1 (Santa Cruz, Argentina) localizado a 17km de la costa Estrecho de Magallanes. Con el objetivo de determinar la composición química y las causas de su variación se inició un programa experimental. Por un lado este programa pretende determinar cómo afecta la localización geográfica en la composición química de carbones de una misma especie vegetal. Por otro determinar como el contacto con determinados ambientes acuáticos y sedimentológicos pueden afectar esta composición. Otro factor a tener en cuenta son las diferencias debidas a la exposición diferencial de la superficie de la madera a estos agentes ambientales. Por esta razón se cree necesario el análisis de la composición química de las diferentes partes de un mismo leño procedente de ambientes costeros marinos y costeros lacustres. Este estudio permitirá observar si la presencia de minerales y partículas sedimentarias es homogénea a lo largo del leño.

Según algunos autores (Häggbloom, 1982; Alix, 2001, 2004, 2005) el tiempo de flotación de la madera puede variar de una especie leñosa a otra. El descortezamiento puede acelerar la infiltración del agua y la salinidad de la madera (Häggbloom, 1982:82). A fin de dilucidar los factores que efectúan la posibilidad de que la madera flote durante un largo período de tiempo, Häggbloom (1982) estudió los daños que la madera pudo sufrir en su transporte por el agua apoyándose en ciertas características como la zona de la especie leñosa – tronco, rama, etc.- de donde proviene la madera y la densidad de la madera).

La inmersión de la madera en agua durante un tiempo prolongado conlleva a la modificación de su estructura anatómica tanto a nivel macroscópico como microscópico. Solamente aquellas modificaciones microscópicas podrán ser observadas eventualmente luego de la carbonización Théry-Parisot, 2001). Según Schweingrüber (1978) solo las bacterias y los

hongos actinobacteria son los responsables de la descomposición de la madera inmersa en el agua. Una de las alteraciones de orden micromorfológico es la descomposición de la pared celular de la madera, clasificada en tres estadios sucesivos: parcialmente alterada, fuertemente alterada y esquelética (Schweingrüber, 1978). No obstante, estos tipos de alteraciones son raramente observables. Existen determinados indicadores directos e indirectos que pueden ayudar en la distinción de la madera flotada de aquella no flotada. La marca de insectos xilófagos marinos, -cavidades excavadas por gusanos marinos etc. es un tipo de indicador indirecto que posibilita revelar el paso de un leño por agua marina (Dickson, 1992). Sin embargo, la ausencia de estas marcas no debe ser interpretada como la no flotación del leño.

El análisis taxonómico de maderas y carbones del sitio Orejas de Burro 1 evidenció modificaciones en la estructura anatómica de algunos carbones de *Nothofagus pumilio* y *Berberis* sp, que podrían ser similares a las producidas por la inmersión de la madera en agua (Schweingrüber 1978). Entre las muestras de carbón y madera identificadas como *Berberis* sp., este primer análisis sugirió además la existencia de precipitados de calcita y posibles cristales de sal. Sin embargo, teniendo presente que los elementos minerales poseen distintas formas de presentación o asociación, la interpretación de cristales de sal por la presencia de elementos cúbicos resulta inconsistente sin tener otro tipo de estudio que avalase esta interpretación. Se consideró necesario, por tanto, el desarrollo de una metodología de trabajo basada, por un lado, en el análisis de la composición química de dos especies leñosas: *Nothofagus pumilio* y *Berberis* sp. y por otro, en el estudio del sedimento en el cual se encontraban depositados los carbones y maderas.

En los momentos de ocupación de Orejas de Burro 1 (ver capítulo 4 pág 109 ), así como en la actualidad, la vegetación de la zona se encontraba caracterizada por especies de tipo estepario. No obstante, prospecciones realizadas en la costa del Estrecho de Magallanes (aproximadamente a 17km del sitio arqueológico) demostraron que actualmente las corrientes marinas transportan troncos de *Nothofagus pumilio*. Si se tiene en cuenta la distancia que hoy en día separa el área de localización Orejas de Burro 1 de los principales bosques de *Nothofagus* – aproximadamente entre 90 y 100km- no se descarta la posibilidad de que los desplazamientos hacia la costa marina estuvieran relacionados con la presencia de este taxón en la estratigrafía del sitio.

A fin de buscar de un método para establecer un referente de valores en el estudio de la distinción entre la madera flotada y no flotada, se estableció un programa experimental para el estudio de la composición química de la madera y las causas de su variación. El mismo se centra en el análisis de la composición de partículas y precipitados minerales en material leñoso experimental y arqueológico (Caruso Fermé e Iriarte, en prensa, Caruso Fermé, en prensa).

### **3.7.1 Metodología para el reconocimiento de la madera flotada: caracterización bajo microscopio electrónico de barrido**

El trabajo se estructuró tres en partes. La primera de ellas estuvo centrada en la recolección y carbonización de madera de una misma especie vegetal de distintas zonas geográficas. La segunda se basó en el análisis de los carbones actuales y las muestras arqueológicas – madera y carbón- mediante el SEM (Scanning Electron Microscope)<sup>14</sup>. La tercera y última parte del trabajo fue el estudio del sedimento en el cual se encontraba depositado el material leñoso arqueológico.

#### ***3.7.1.1 Programa experimental***

##### ***-Primera parte***

En esta fase del trabajo se recolectó y carbonizó madera de *Nothofagus pumilio* (lenga) de distintas zonas boscosas, costa marina y lacustre de la Patagonia argentina y chilena. Posteriormente, también fue incorporada una muestra de *Berberis* sp. La carbonización de las diez muestras se llevó a cabo mediante la utilización de una mufla (este apartado se describe ampliamente en el capítulo dedicado al sitio arqueológico Orejas de Burro 1).

---

<sup>14</sup> Scanning Electron Microscope (SEM): técnica basada en la obtención de imágenes gracias al bombardeo de electrones sobre la muestra.

### ***-Segunda parte***

La segunda etapa del trabajo se basó en el estudio de las muestras actuales y arqueológicas mediante el SEM. La microscopía electrónica de barrido permite la observación y caracterización de materiales orgánicos e inorgánicos en escala micrométrica, además de tener la capacidad de obtener imágenes tridimensionales de superficies en un amplio rango de materiales (Goldstein *et al.*, 1992; Aballe *et al.*, 1996 entre otros).

Todas las muestras estudiadas mediante el SEM requirieron una especial preparación. Luego de su inicial estudio antracológico, las mismas debieron ser sometidas a un tratamiento de deshidratación hasta alcanzar un estado anhídrido, dado que la mayor parte de los microscopios SEM son de vacío y no de presión variable. Seguidamente las muestras fueron sometidas a vacío e inmediatamente a un recubrimiento superficial de oro en un metalizador. Dicho recubrimiento afecta a la superficie de los carbones y maderas, no obstante es lo suficientemente profundo como para penetrar por el interior del lumen celular de cualquier elemento del xilema. Las muestras recubiertas fueron luego introducidas en la cámara de observación donde tras realizar un vacío fueron bombardeadas por un haz de electrones (ampliar en el capítulo dedicado al sitio arqueológico Orejas de Burro 1).

### ***-Tercera parte***

La tercer parte del programa experimental se basó en un trabajo geoarqueológico. La Geoarqueología se ha convertido en las dos últimas décadas en una disciplina cuyo valor ha sido ampliamente reconocido por los investigadores que indagan el pasado del ser humano. Este hecho se ha debido a que por un lado, los arqueólogos han ido adquiriendo un mejor conocimiento y una mayor concienciación del hecho de que los sedimentos y la estratigrafía aportan información fundamental sobre el contexto en el que se encuentran los artefactos y las estructuras que excavan.

Para la interpretación de la información paleoambiental, al igual que para la interpretación arqueológica, es de gran importancia el detallado conocimiento del contexto pedosedimentario y geomorfológico derivado de los estudios geoarqueológicos. La Geoarqueología se erige por tanto, como una importante disciplina que, como viene demostrándose en los últimos años, contribuye al mejor conocimiento del impacto humano en el paisaje mediante el estudio de antiguos suelos y depósitos de sus áreas de ocupación.

La aportación de este trabajo en el sitio Orejas de Burro 1 consistió en la caracterización de los distintos niveles arqueológicos desde el punto de vista sedimentológico. A fin de poder identificar y caracterizar geológicamente los sedimentos arqueológicos aparecidos durante la excavación, se realizaron muestreos, medidas, descripciones de las distintas unidades estratigráficas. Esta parte del programa experimental se desarrollo conjuntamente con el Dr. Eneko Iriarte Avilés del Laboratorio de Evolución Humana, Departamento Ciencias Históricas y Geografía (Universidad de Burgos), quien llevó a cabo el análisis de los sedimentos. El material obtenido fue estudiado en el laboratorio mediante las siguientes técnicas:

*-Análisis granulométrico:* Se han realizado granuometrías para la caracterización granulométrica de las muestras tomadas de los distintos niveles diferenciados en el yacimiento. Dada la fina granulometría de los materiales, se han realizado sedigrafías en un analizador de partículas láser modelo Beckman Coulter LS1320 (Dpto. Estratigrafía y Paleontología de la Universidad del País Vasco). Las sedigrafías fueron realizadas a partir de la fracción fina (> 2 mm) con la aplicación de ultrasonidos para lograr la desfloculación de los agregados arcillosos. Los datos obtenidos fueron tratados con el software Gradistat v.5 Los resultados obtenidos fueron estadísticamente tratados y representados utilizando software especializado, Beckman Coulter Particle Characterization v. 4.19 y Gradistat v. 7 (Blott y Pye, 2001) para la obtención de los parámetros estadísticos que permiten la clasificación granulométrica de las muestras analizadas.

*-Análisis Mineralógico (DRX):* Parte de la fracción inferior a 2 mm fue pulverizada utilizando un mortero de ágata, obteniéndose muestras que posteriormente fueron utilizadas para análisis mediante Difracción de Rayos X en un difractómetro Bruker AXS D5005 y el software EVAPlus para la interpretación de fases y su semicuantificación en el servicio de Difracción de Rayos X del Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (CSIC, Barcelona). Para ello las muestras previamente pulverizadas se montaron sobre pletinas de análisis. Las condiciones de medición del difractómetro fueron las siguientes: Anodo de Cu (40 Kv, 40 mA), tiempo de medición (Steptime): 3 seg., intervalo de medición (Stepsize): 0.05°, intervalo total de medición: 4°-60°. Los resultados obtenidos permiten identificar las fases minerales presentes en el sedimento así como sus posibles áreas fuente y procesos sedimentarios involucrados en la formación de la secuencia sedimentaria.

-*Petrología Sedimentaria*: Algunas de las muestras más significativas de sedimentos arqueológicos fueron consolidadas con resina epoxy *Norsodyne O 12335* para la realización de láminas delgadas y su estudio petrológico mediante lupa binocular Nikon AZ100 y microscopio Nikon Eclipse LV1000POL.

### 3.8 ESTUDIO DEL CALIBRE EN MATERIAL LEÑOSO ARQUEOLÓGICO

Con el propósito de reconstruir los calibres de la leña utilizada en fogones arqueológicos, diversos autores han concentrado sus esfuerzos en la búsqueda de métodos que permitan estimar esos calibres (Marguerie, 1992, 2002, Dufraisse, 2002, 2006; Ludemann, 2002, 2006; Nelle, 2002; Chrzavzez, 2006; Marguerie *et al.*, 2007; Paradis, 2007; Chrzavzez *et al* 2012). Si bien estos trabajos han surgido sobre todo del estudio de carboneras medievales y modernas de Europa, esta información también puede ser relevante para las problemáticas de otros períodos y contextos y las metodologías desarrolladas pueden aplicarse a otros casos de estudio.

En base a la morfología de los anillos de crecimiento Marguerie (1992, 2002) estableció cuatro categorías que determinan el grado de curvatura de los anillos (ver figura 12). Cada clase de curvatura respondería a un calibre de madera (Marguerie y Hunot, 2007)

1. Curvatura Rectilínea: maderas de gran calibre (troncos y ramas grandes)
2. Curvatura Intermedia: maderas de mediano calibre (ramas y troncos pequeños)
3. Curvatura Fuerte: maderas de pequeño calibre (ramitas)
4. Curvatura Indeterminada

La aplicación de este método, demasiado subjetivo, no permite obtener un valor numérico del calibre de la madera puesta al fuego, por lo que no refleja en caso alguno los diámetros de



madera explotados. La utilización de las categorías madera grande, mediana y pequeña, permite obtener una imagen relativa del calibre de la madera utilizada.

Es importante tener presente que episodios como la recuperación del árbol después de una fisura, la alteración por ataque de microorganismos o el crecimiento desigual –por encontrarse en zonas de pendiente o fuertes vientos – pueden generar anillos de crecimiento de apariencia sinuosa (Schweingruber, 1996). Estas alteraciones así como la ondulación característica de los anillos de crecimiento de la especie *Nothofagus*, podrían plantear en algunos casos problemas en la realización de este tipo de estudio basado en criterios cualitativos (conv pers Marguerie, 2009).

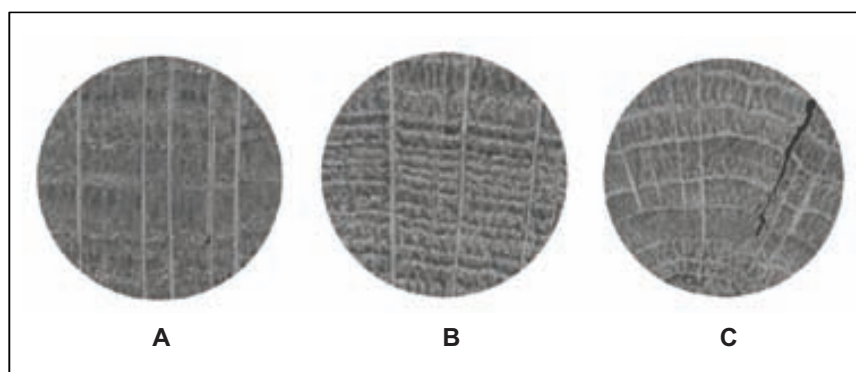


Figura 12: A: *Curvatura Rectilínea*. B: *Curvatura Intermedia*. C: *Curvatura Fuerte* (Extraído (Marguerie y Hunot, 2007)

Alternativamente otros autores como Ludemann (2002, 2006) y Nelle (2002) emplean técnicas para estimar las proporciones de calibres, partiendo de la idea que estos calibres pueden representar la posición del carbón en relación al corazón de la madera, es decir que la curvatura no representaría tanto la parte anatómica (rama, tronco y su tamaño) sino la posición del fragmento dentro del tronco o rama -fig. 13-. Sus trabajos se basan en la medida de la posición del carbón con relación al corazón de la madera. Esta medida se efectúa bajo una lupa binocular sobreponiendo el plano transversal del carbón en una transparencia (plantilla de curvas) -figura-. Las medidas obtenidas son expresadas en cinco clases de diámetros arbitrarios en centímetros: (0-2), (2-3), (3-5), (5-10) y superior a 10 cm.

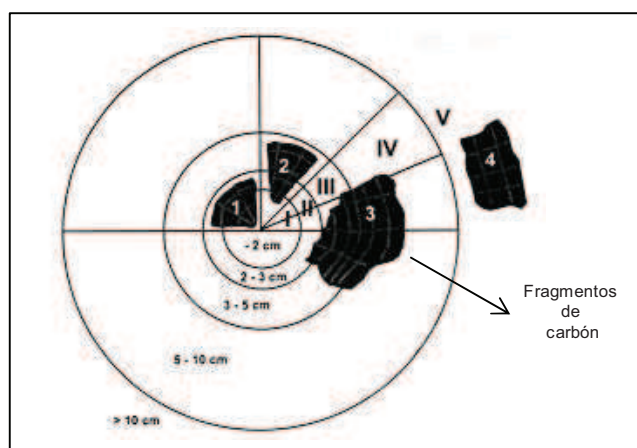


Figura 13: Plantilla utilizada por Ludemann (Extraído y modificado de Ludeman, 2006)

El valor proporcionado por este análisis indica solo la distancia del fragmento con relación al corazón. Las proporciones obtenidas por este método, además de poco precisas, tampoco reflejan los diámetros de madera explotados. Por lo tanto, la simple medida de la posición del carbón respecto del corazón no es suficiente para poder estimar el calibre real del leño, por lo que será necesario asociar a este cálculo el volumen del carbón analizado (Dufraisse, 2002). El cálculo de proporcionalidad entre la distancia del carbón con relación al corazón y su volumen permitirá calcular las proporciones de calibres de madera puestos al fuego (Dufraisse, 2002, 2006).

El estudio del diámetro del material leñoso arqueológico representa una posible vía de discriminación entre las distintas modalidades de adquisición de la madera (Chrzavzez, 2006; Chrzavzez *et al*, 2012; Caruso Fermé *et al*, en prensa). El reconocimiento de las diferentes modalidades de obtención del material leñoso puede ser un elemento suplementario que permita definir la duración de ocupación de un sitio arqueológico (Théry-Parisot et Meignen 2000; Chrzavzez, 2006). Aquellas estrategias basadas en la recolección de madera muerta podrían sugerir ocupaciones de corta duración y alta movilidad (Chabal 1992; Théry-Parisot 1998). En sitios con un período extenso de ocupación o reocupación las modalidades de adquisición del material leñoso pueden tener implicaciones socio-económicas que requieran por ejemplo el almacenamiento de leña (Chrzavzez *et al*, 2012).

Entre los cuatro sitios estudiados en esta tesis, por su amplia secuencia de ocupación, el Cerro Casa de Piedra 7 (Aschero *et al.* 1992-93, Aschero *et al.*, 2005) constituye un ejemplo clave para estudiar las modalidades de adquisición del material leñoso, evaluar los cambios ambientales y cómo ellos pudieron afectar la obtención de las materias primas vegetales por parte de los grupos cazadores-recolectores. Con este objetivo se llevó a cabo el estudio del calibre de maderas y carbones de una misma especie vegetal: *Nothofagus pumilio* –lengamediante análisis por imagen.

### **3.8.1 Metodología para determinar el calibre de los carbones mediante análisis por imagen**

En los bosques andino-patagónicos *Nothofagus pumilio* se desarrolla sobre un amplio rango de suelos, con una profundidad de moderada a muy profunda (Peri, 2004; Gonzales *et al.*, 2006). En los bosques (Peri, 2004) la fertilidad y capacidad de retención de agua de los suelos está dada por la incorporación de materia orgánica a través de la descomposición anual de hojarasca y troncos caídos naturalmente. No obstante, el retorno de nutrientes al suelo se encuentra afectado por las bajas tasas de descomposición. Los troncos de *Nothofagus pumilio* pueden tardar aproximadamente 500 años en perder el 99% de su peso, mientras que las ramas gruesas unos 270 años para alcanzar una igual pérdida (Peri, 2004).

El ciclo de mortalidad natural de *Nothofagus pumilio* comienza con la muerte del árbol completo, siguiéndole la caída de ramas y, luego de decenas de años, el tronco. Las ramas que mueren y caen podrían llegar a presentar un diámetro máximo de 15 cm, aunque mayoritariamente oscilan entre 7-8 cm. *Nothofagus pumilio* es una especie que proporciona mucho volumen por hectárea (*com. pers.* Monelos, 2010). Sus volúmenes totales (incluyendo ramas y corteza) varían de 300 a 1000 m<sup>3</sup> por ha, en sitios donde los árboles dominantes alcanzan 18 metros de altura e independientemente de la fase de desarrollo en que encuentren (Peri, 2004)

*-Postulado*

En entornos forestales, naturalmente, la madera muerta está representada fundamentalmente por ramas pequeñas inferiores a 10 cm de diámetro y, con menor frecuencia, de árboles enteros caídos –ver figura 14A-. Por el contrario, una población en pie presentará una mayor diversidad de calibres, y los diámetros de gran tamaño se encontrarán bien representados –figura 15A-. Se parte de la hipótesis que los histogramas de calibres obtenidos a partir del estudio del material leñoso reflejan las poblaciones de las cuales provienen, según sus modalidades de adquisición. Por lo tanto, si la adquisición del material leñoso está orientada hacia la recolección de madera procedente de la poda natural del bosque, en el histograma de proporciones se deberían reflejar mayoritariamente calibres inferiores a 10 cm. y puntualmente grandes calibres (Fig. 14B). Contrariamente, si el método de adquisición se basa en el transporte de troncos enteros o posible corte de la madera en pie, todas las clases de calibres estarán representadas en el histograma (Fig. 15B).

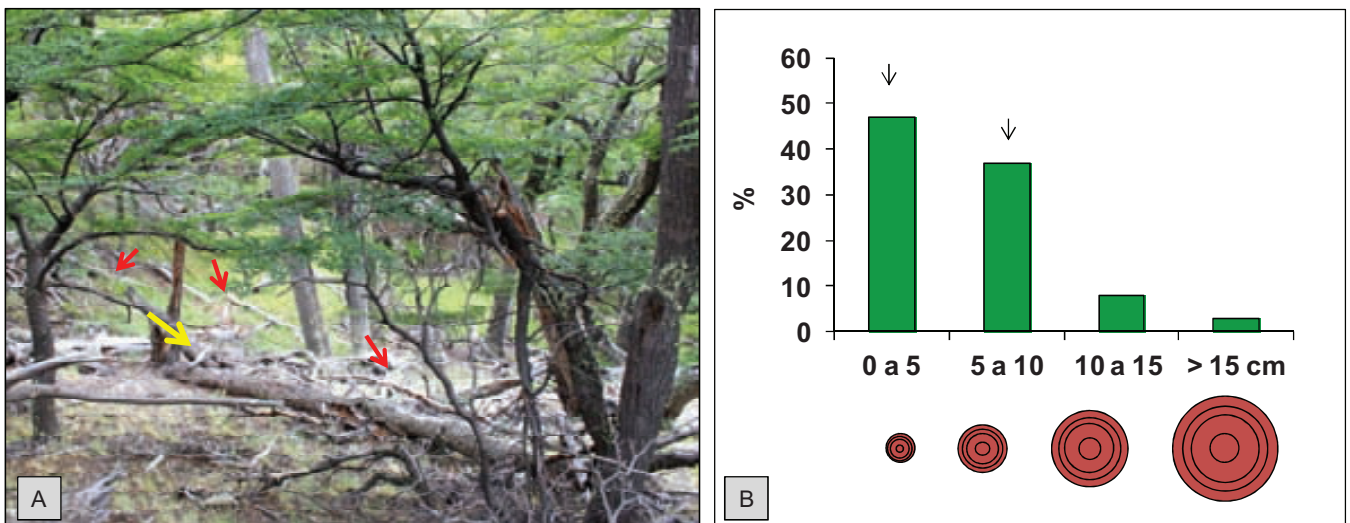


Figura 14 A: *madera muerta -ramas inferiores a 10 cm de diámetro y puntualmente árboles caídos enteros- (bosque de Nothofagus). B: histograma de proporciones reflejo de una adquisición del material leñoso orientada a la recolección de madera muerta- mayor representación en calibres inferiores a 10 cm y puntualmente los más grandes-*

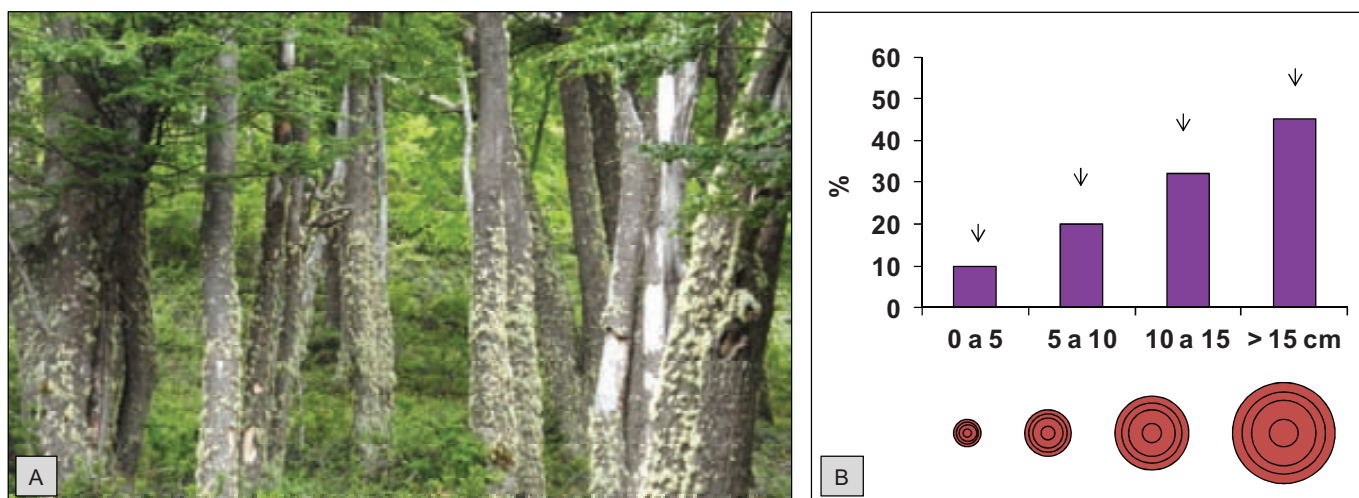


Figura 15 A: Árboles en pie -gran diversidad de calibres representados- (bosque de *Nothofagus*). B: Histograma de proporciones reflejo de una adquisición del material leñoso basada en el corte de madera en pie o transporte de troncos - representación de todas las clases de calibres-

La carbonización del material leñoso conlleva una pérdida de masa del 70 al 80 % (Schweingruber, 1978). No obstante la conservación de la microestructura de la madera permite la identificación de las especies vegetales así como la estimación del calibre de las maderas utilizadas por los integrantes de una sociedad (Paradis, 2007).

La madera sometida a carbonización se fragmenta –ver figura 16-. La medidas obtenidas no representan los diámetros reales de leños utilizados para la combustión, sino diámetros máximos por carbón (Chrzavzez, 2006; Chrzavzez *et al*, 2012; Caruso Fermé *et al*, en prensa). Datos experimentales llevados a cabo con madera de *Pinus* sp. de pequeños y grandes calibres muestran que las clases más grandes de diámetro siempre están subrepresentadas y las más pequeñas sobre representadas (Chrzavzez *et al*, 2012).

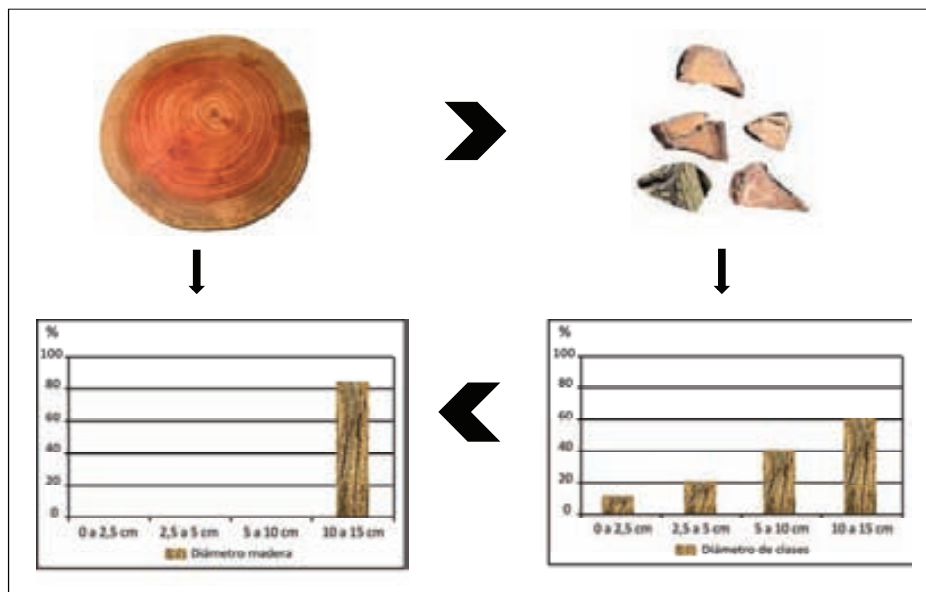


Figura 16: Calibres iniciales de la madera antes de la combustión y proporciones de calibres después de la combustión

La utilización de técnicas de análisis por imagen permite obtener una mayor precisión en la estimación del calibre o diámetro de las maderas puestas al fuego (Chrzavzez, 2006, Paradis, 2007; Chrzavzez *et al*, 2012). Dado el reducido margen de error registrado hasta el momento en este tipo de técnica y las características del sitio arqueológico Cerro Casa de Piedra 7 se decidió su aplicación en el estudio de maderas y carbones. No obstante, cabe dejar presente que dichas técnicas continúan en proceso de estudio. La decisión de aplicar esta técnica solamente en este sitio arqueológico responde a tres cuestiones básicas.

En primer lugar para en este yacimiento se llevó a cabo la aplicación de un muestreo sistemático -zaranda de 2mm- en todos los sectores y niveles de ocupación excavados. Esta metodología de recuperación de restos evitó el sesgo propio de la recogida manual o uso de zaranda con luz de malla gruesa, donde predominan los carbones de gran tamaño. En segundo lugar, la larga secuencia de ocupación de este sitio permite la comparación y discusión de las modalidades de adquisición del material leñoso entre los diferentes niveles de ocupación en base al calibre de los carbones y maderas. Por último, el elevado número de fragmentos de una misma especie vegetal arbórea (*Nothofagus pumilio*) por unidad estratigráfica hizo de Cerro Casa de Piedra 7 un sitio idóneo para el estudio del calibre de carbones y maderas, ya que se



eliminan las problemáticas de comparar diferentes patrones de crecimiento asociados a las distintas especies vegetales.

Cabe aclarar que la aplicación del estudio del calibre en especies o contextos de vegetación de tipo arbustiva no es óptima como elemento de discriminación entre modalidades de adquisición del material leñoso, ya que la diferencia de calibres entre troncos y ramas de arbustos no es muy significativa, por muy grandes que sean sus dimensiones. Pese a ello, es preciso mencionar que en sitio Orejas de Burro 1 también existe un elevado número de fragmentos de una misma especie, *Berberis* sp.- pero en este caso se trata de una especie arbustiva.

Dos fueron los métodos de análisis por imagen utilizados: el método del círculo y el método trigonométrico. El primero permite el cálculo directo de los radios leñosos a partir de la delineación de los anillos de crecimiento (fig. 17). El método trigonométrico se basa en la distancia y ángulo entre dos radios leñosos (fig. 18). En el estudio se deberá tener en cuenta el análisis de varios anillos de crecimiento y la realización de varias medidas sobre el mismo anillo. Independientemente del método que se utilice, de cada fragmento también se mide la altura, largo y ancho, que son medidas necesarias para calcular el volumen de cada carbón.

En el caso del material leñoso sin carbonizar, en su gran mayoría representado por ramas, el estudio se realizó tomando las medidas directamente con un pie de rey.

Figura 17: Método del círculo (el cálculo del radio leñoso se realiza en base a la delineación de los anillos de crecimiento)

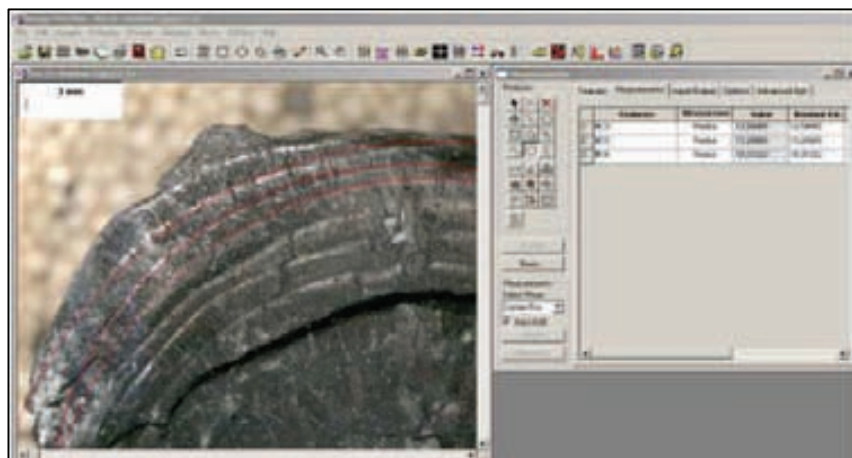




Figura 18. Método trigonométrico (carbón de *Nothofagus pumilio*, sitio Cerro Casa de Piedra 7)

Las medidas obtenidas son expresadas en centímetros en un histograma de seis clases de diámetros arbitrarios: (0-2,5), (2,5-5), (5-10), (10-15) y superior a 20 cm. (ver fig. 19) De acuerdo al postulado de partida, se definió como categoría máxima de calibres: >20 cm. A fin de reducir al máximo la imprecisión inherente a los métodos utilizados en la medición, todas las medidas obtenidas fueron repartidas en clases de 5 cm (Chrzavzez *et al.*, 2012).

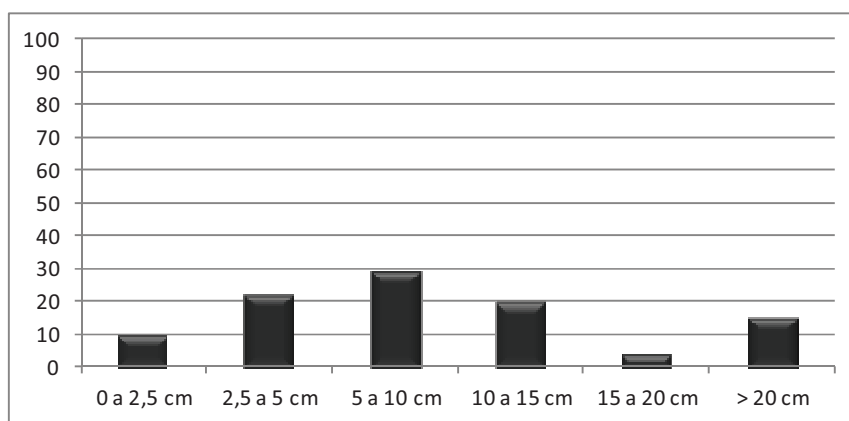


Figura 19: Ejemplo de histograma de proporción de clases de calibres



El estudio del calibre se llevó a cabo en cada carbón de *Nothofagus pumilio* superior a 4 mm. Estos fueron inicialmente observados bajo una lupa binocular y posteriormente su plano transversal fue fotografiado con una video cámara conectada a un ordenador equipado con un software de análisis de imagen « Image Pro Plus ». Todo el desarrollo del estudio del calibre de material leñoso por análisis de imagen se realizó en las instalaciones del Laboratoire d'Archéobotanique de CEPAM (Centre d'études Préhistoire Antiquité Moyen Age), laboratoire du CNRS entre los años 2009 y 2010.

### **3.9 DETERMINACIÓN DE LA “ESTACIONALIDAD” A PARTIR DE LA PRESENCIA DE CORTEZA**

Las especies vegetales que se desarrollan en climas templados presentan la particularidad de que en un período del año producen células y en otro no. El conjunto de células agregadas bajo la corteza en cada uno de estos ciclos forma el denominado anillo de crecimiento. La madera formada al inicio del anillo es denominada *madera temprana* o leño de primavera, y está caracterizada por paredes delgadas y lúmenes amplios. La madera formada al término del período vegetativo normalmente en otoño, cuando las células van disminuyendo su actividad vital se denomina *madera tardía* o leño de otoño. Se distingue por células de paredes anchas y lúmenes estrechos (Díaz-Vaz, 2003; Nahuelpán López, 2007). El ancho de cada anillo de crecimiento varía desde una fracción de milímetros hasta algunos centímetros. Esto depende tanto de factores genéticos como ambientales (Navarrete, 2001). Existen casos excepcionales como el de *Araucaria araucana* (Mol.) Koch. –araucaria o pehuén- en cuya madera es difícil detectar diferencias de los diámetros celulares entre la madera temprana y la tardía. Contrariamente, la madera de *Austrocedrus chilensis* (D. Don.) Pic. Serm. et Biz. –ciprés de la cordillera- por ejemplo, presenta diferencias muy marcadas entre la madera temprana y la madera tardía –ver figura 20-.

Además de las características propias de la especie, los árboles que crecen en regiones con estaciones del año marcadas presentan anillos de crecimiento bien nítidos, mientras que los que

crecen en lugares donde las condiciones climáticas se mantienen constantes durante gran parte del año, tienen anillos de crecimiento poco notables. El límite de los anillos de las latifoliadas<sup>15</sup>, que crecen en climas templados, se pueden visualizar gracias a las diferencias existentes entre algunas células del inicio y fin de los anillos de crecimiento. Las diferencias varían de acuerdo al tipo de célula y especie. Por ejemplo, en el caso de especies como *Embotrium coccineum* (J.R. et G. Forster) –notro- y *Gevuina avellana* (Mol.) –avellano- el límite del anillo está enmarcado también por un ensanchamiento muy notorio de los radios leñosos en la zona del límite de los anillos (Díaz-Vaz, 1979, 1981, 2003) -ver figura 21-. En algunos casos como la conífera *Araucaria auracana* (*Araucaria* o Pehuén) el límite entre los anillos de crecimiento es difuso y por tanto difícil de delimitar (Díaz-Vaz, 1984). Es común encontrar en troncos, anillos de crecimiento discontinuos o los llamados falsos anillos de crecimiento, que dificultan la determinación exacta de la edad de un árbol y cuya formación puede atribuirse a causa externas -heladas tardías, caída temporaria de hojas, defoliación y fluctuaciones climáticas en general- que alteran el funcionamiento normal del cambium.

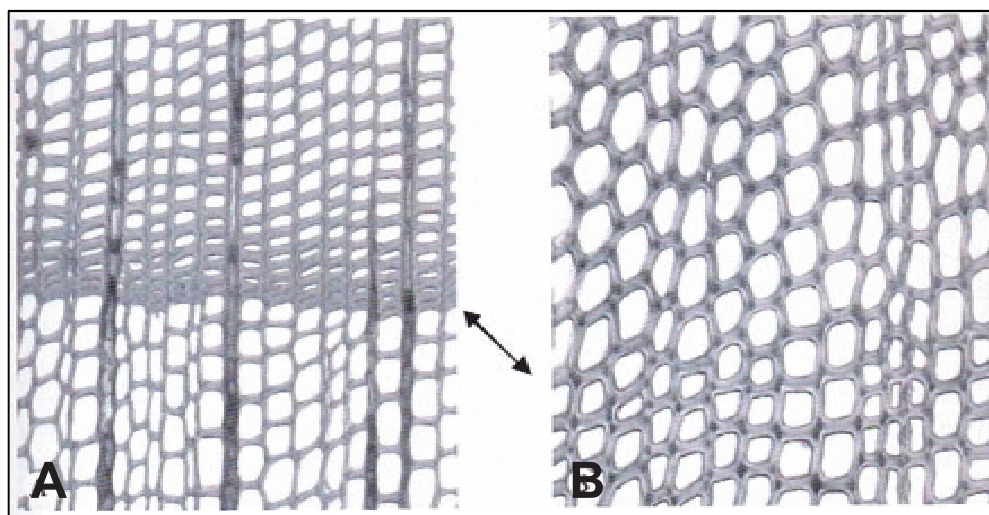


Figura 20: Límite del anillo contraste de madera temprana y tardía. A: *Austrocedrus chilensis* (390X). B: *Fitzroya cupressoides* (250X). La doble flecha indica límite del anillo (extraído Díaz-Vaz, 2003)

<sup>15</sup> Las especies latifoliadas son los árboles que presentan hojas con forma laminar y generalmente ramas que se bifurcan adquiriendo forma dendrítica.

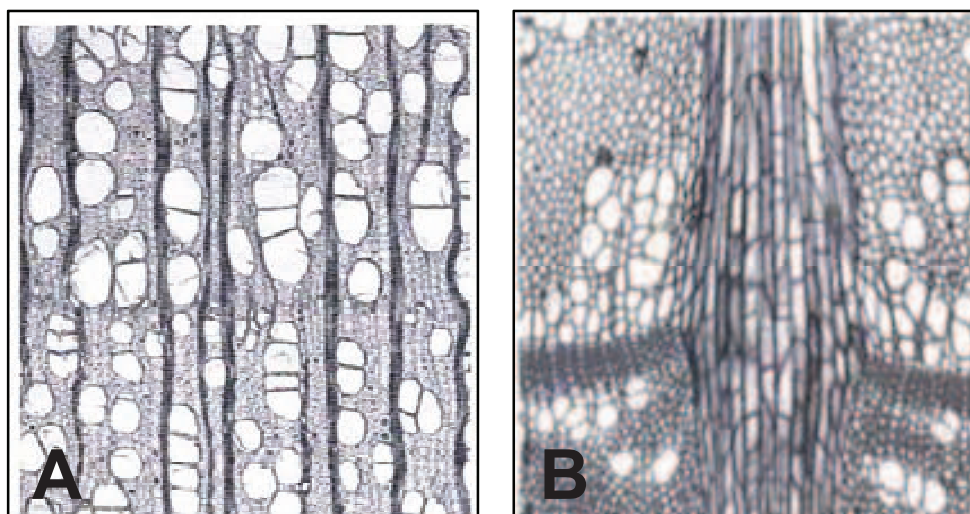


Figura 21A: Reducción del diámetro de los poros hacia el término del anillo en *Nothofagus obliqua*. B: Radios leñosos con ensanchamiento en el límite del anillo en *Gevuina avellana*. (extraído de Diaz-vaz, 2003)

En el plano transversal de la madera se pueden distinguir a nivel microscópico las células que se producen en los distintos períodos vegetativos, así como las diferencias existentes entre las células del inicio y término de cada crecimiento. La observación del último anillo de crecimiento (antes de la corteza), permite estimar el momento del ciclo vegetativo en el que se encontraba la planta cuando cesó su crecimiento, ya sea porque fue cortada o por causas naturales.

En contextos arqueológicos es poco frecuente la conservación de corteza, ya que normalmente en el proceso de combustión es lo primero en arder. Sin embargo, existen contextos particulares en los cuales el material leñoso se encuentra en perfecto estado de conservación. En estos casos, en los que se conserva la corteza, es posible la realización de un estudio de estas características. La madera muerta en el suelo del bosque puede representar un período largo de acumulación y se puede producir en distintos momentos. Por lo tanto, su recolección no reflejará la estación en la que se llevó a cabo la obtención del material leñoso, sino el período vegetativo en el que cada una de las maderas recolectadas dejó de crecer. En el caso de vigas recuperadas en yacimientos, es decir maderas taladas de árboles vivos, sería posible que ellas representaran el mismo momento de muerte. También sería así para fenómenos catastróficos que afectarían a un bosque o parte de él (un alud, un incendio). En consecuencia, cabe tener presente que la corteza de las maderas analizadas simplemente

determinará la estacionalidad en que los leños dejaron de crecer, por lo que la información obtenida no debe ser considerada evidencia ligada a la estacionalidad de ocupación del nivel arqueológico.

Este tipo de análisis fue aplicado en el sitio Cerro Casa de Piedra 7. La existencia y excepcional conservación de la madera de distintas especies vegetales, algunas de ellas con restos de corteza, permitió estimar el momento del ciclo vegetativo en el que se encontraba la planta cuando dejó de crecer. Las muestras estudiadas se componen de maderas de *Berberis* sp. y *Nothofagus pumilio*. Estudios de estas características pueden contribuir a su vez a comprender las modalidades de recolección y proceso de formación del conjunto.

### **3.10 ESTUDIO DENDROCRONOLOGICO EN CARBONES ARQUEOLOGICOS**

Los árboles registran información sobre el/los ambientes del pasado y el clima a través de su crecimiento. Toda esta información queda plasmada en el ancho de sus anillos de crecimiento, en la densidad y en la composición isotópica. Por lo tanto, el examen de los anillos de crecimiento anual de un árbol revela tanto su edad como la fluctuación de las condiciones climáticas y otros fenómenos a los que fue sometido durante su vida útil (Hillam, 1998).

La dendrocronología se basa en el fechado de las bandas de crecimiento radial de las especies leñosas (Douglas, 1914; Jansma, 1995, Schweingruber, 1996), lo que constituye una alta resolución cronológica (Billamboz, 2010). Existen tres niveles de análisis dendrocronológicos. Una dendrocronología independiente, definida sobre la base de criterios intrínsecos; una dendrocronología de contexto que se apoya sobre otros métodos y en datos de yacimientos, y una dendrocronología de simulación que se define por su carácter (Billamboz, 2008, 2010).

Con el objetivo de hacer uso de la información cronológica contenida en los anillos de crecimiento de los árboles, es necesaria la construcción de largas cronologías de anillos de crecimiento mediante la superposición sucesiva de muestras sobre una serie dendrocronológica mayor –ver figura 22- (Billamboz, 2010: 84). El trabajo sistemático en sitios arqueológicos es por lo tanto una pieza clave en la conformación y ampliación de las distintas series dendrocronológicas, siendo las excavaciones arqueológicas una fuente potencial en la recuperación de material para el estudio dendrocronológico (Orcel, 1987).

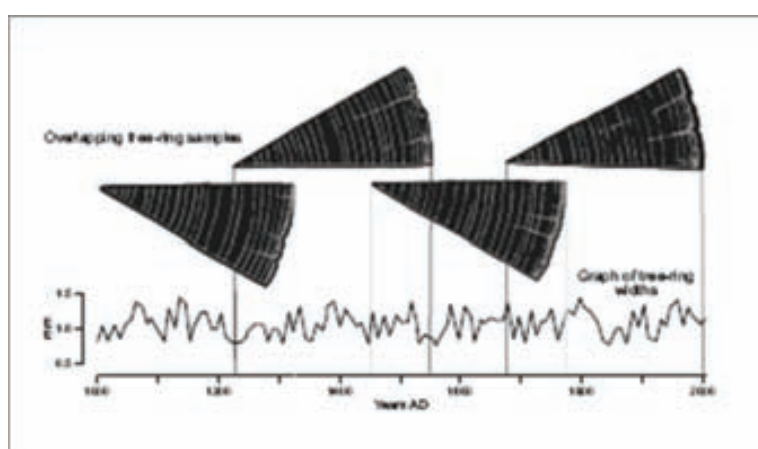


Figura 22: Construcción cronología a partir de los anillos de crecimiento (extraído y modificado Hillam, 1998)

Uno de los países con amplia trayectoria en este tipo de estudio es Francia, donde se han realizado numerosos trabajos en varios yacimientos de la época neolíticos correspondientes a la segunda Edad del Hierro- Como resultado se obtuvo una secuencia dendrológica para este período que representa una referencia para la integración de posteriores estudios de esta misma región (Marguerie, 1991, 1992). En el caso concreto de Patagonia actualmente se carece de estudios de estas características. Esta carencia no solo provoca vacíos de información sino que impide construir una secuencia progresiva desde la actualidad.

Para Patagonia, actualmente se cuenta con aproximadamente 21 cronologías sobre madera de bosques fueguinos y una cronología flotante de 1400 años sobre la base de madera fósil (Boninsegna y Villalba, 1996; Roig *et al*, 1996). A pesar de que la dendrocronología posee un extraordinario potencial para los estudios forestales tanto argentinos como chilenos (Lara y

Villalba, 1993; Lara *et. al.*, 1994; Villalba y Veblen, 1997; Villagra *et. al.*, 2002; Villalba *et al.*, 2003; Boninsegna, 2009; Srur y Villalba, 2009; entre otros) el estudio dendrocronológico aplicado en material arqueológico es un tema aun pendiente en la arqueología patagónica. Los trabajos realizados en los sitios Tunel VII sobre carbón de *Nothofagus pumilio* (Piana y Orquera, 1995) y Ewen sobre madera de *Nothofagus antarctica* (Caruso *et al.*, 2008) -Tierra del Fuego- son ejemplos aislados de estudios dendrocronológicos en material arqueológico. Sus resultados evidencian la importancia de análisis de estas características.

El estado de la estructura de combustión del sitio arqueológico Cerro Pintado (prov. Chubut) permitió recuperar tres fragmentos de carbón identificados como *Austrocedrus chilensis*, que reunían las condiciones necesarias para poder realizar un estudio dendrocronológico. Además de su buena conservación, entre otras cosas, estos carbones poseen un mínimo de 30 anillos de crecimiento. *Austrocedrus chilensis* es una conífera que ha sido ampliamente trabajada desde la dendrocronología (Villalba, 1994; entre otros), por lo que se dispone de numerosas cronologías de referencia.

Dada la situación que posee el estudio dendrocronológico patagónico, es decir a la falta de series de referencia que permitan datar yacimientos, el objetivo de este trabajo es iniciar estudios en contextos arqueológicos patagónicos a los fines de obtener una serie dendrocronológica que permita la correlación y datación de nuevas series (Caruso Fermé y Villalba, 2011).

### **3.10.1 Metodología para estudio dendrocronológico del material carbonizado**

No existe una metodología preestablecida en el preparado de los carbones. El primer paso radica básicamente en limpiar la sección transversal del fragmento de modo que el límite de cada uno de los anillo de crecimiento sea claramente visible –ver figura-. Una vez acabada la preparación, la muestra es estudiada sobre un banco de medidas dendrocronológicas, que permite realizar



un desplazamiento sobre la superficie de la madera o carbón, en este caso, con precisión de 0,01 mm. El estudio dendrocronológico consiste en el recuento de los anillos de crecimiento mediante el desplazamiento del banco y la realización de una señal informática por cada uno de los anillos. Una vez finalizado el estudio se obtiene como resultado una base de datos donde quedan registrados: el número total de anillos de crecimiento, la longitud total de radios, la medida de cada uno de los mismos, el tipo de ritmo de crecimiento (regular/irregular), etc. El programa utilizado en el registro de datos en el banco de medidas es el Time Series Analysis and Presentation (TSAP). En el caso de los carbones de Cerro Pintado el estudio fue efectuado bajo la supervisión del Dr. Vicent Bernard en el Laboratoire de Archéobotanique (Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire –CNRS-) de Rennes durante el año 2009.

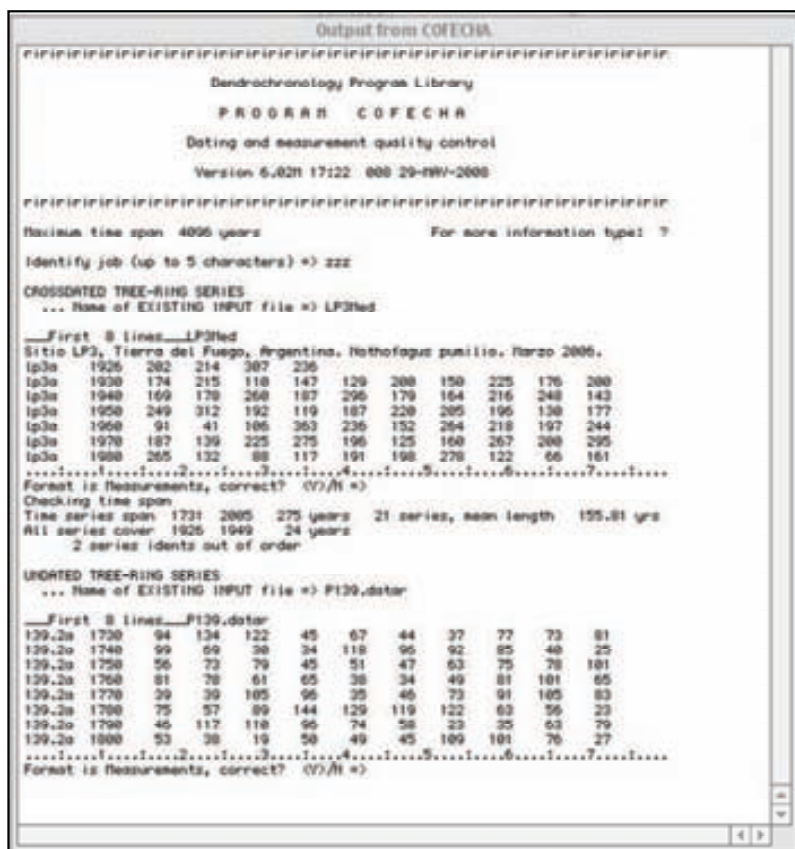
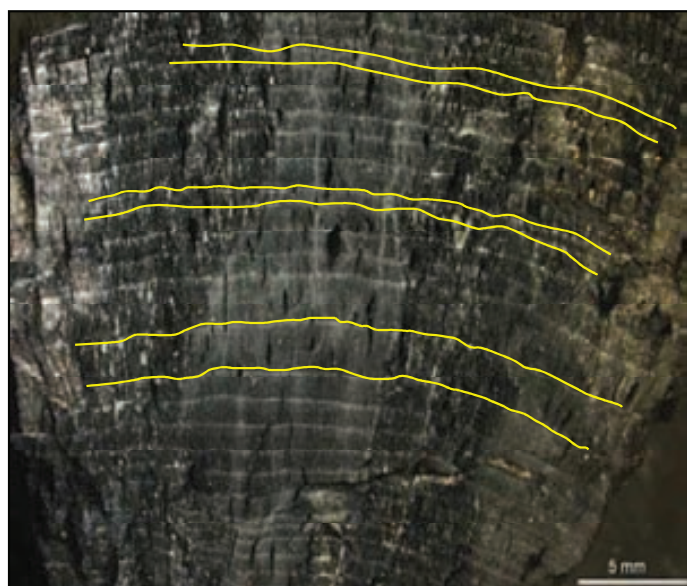


Figura 23: Izq.: muestra de carbón de *Austrocedrus chilensis* preparada para el análisis dendrocronológico. Der.: Crossdating y COFECHA



Las curvas obtenidas a partir del análisis deben ser confrontadas con series dendrocronológicas regionales preexistentes, de esta manera es posible realizar una asignación cronológica exacta de la muestra. En esta fase del análisis se utilizó el programa COFECHA<sup>16</sup>, con el objetivo de buscar similitudes entre las muestras estudiadas y las series dendrocronológicas de referencia, correspondientes a la misma especie para el Norte de Patagonia –figura 23-. En esta parte del estudio se trabajó conjuntamente con el Dr. Ricardo Villalba del Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (Departamento de Dendrocronología e Historia Ambiental. IANIGLA-CONICET).

### **3.11 ESTUDIO DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS DE INSTRUMENTOS DE MADERA**

El estudio de instrumentos o bienes de madera tiene por objetivo representar el proceso de producción y uso de estos objetos, centrándose en las etapas: desde la adquisición de la materia prima hasta la obtención del producto final. Por otra parte también se buscan indicadores del uso dado a ese objeto, a partir de la presencia de trazas macroscópicas y microscópicas en su superficie.

La determinación de la materia prima utilizada es el primer paso en el estudio de los procesos tecnológicos de instrumentos de madera o parte de ellos (Palomo *et al*, 2011). El propósito en este caso es doble, por un lado determinar la especie vegetal utilizada como soporte y por otro identificar la parte anatómica empleada –rama, fragmento de tronco, etc.- en la elaboración (Piqué, 2006; Caruso Fermé, 2008; Caruso Fermé *et al*, 2011; Palomo *et al*, 2011). La determinación de la materia prima no solo permite conocer determinadas propiedades del material utilizado -flexibilidad, dureza, etc.-, sino que brinda valiosa información en lo referente a la gestión del material leñoso por parte de los distintos grupos.

---

<sup>16</sup> COFECHA es un programa para control de la calidad y exactitud del estado de mediciones o muestras que son sometidas al procedimiento de cros-dato (Holmes, 1983).

La presencia o ausencia en el registro arqueológico de restos de la especie leñosa utilizada en la elaboración de un instrumento permite comprender las modalidades de adquisición de la madera y los posibles usos otorgados. Por otro lado, el estudio de instrumentos u objetos confeccionados en material leñoso es otra posibilidad de apreciar el conocimiento que los integrantes de un grupo podían tener del entorno vegetal que ocupaban (Chabal y Feugère, 2005). El trabajo en madera no es solamente el reflejo del conocimiento del medio vegetal sino también la imagen de ciertas elecciones culturales de un grupo: por ejemplo la producción de vajilla en madera y en vez de en cerámica (Beyries y Hayden, 1993).

La observación macroscópica de la morfología de cada instrumento, así como los rasgos de la superficie permitirá la identificación del tipo de soporte y las partes anatómicas o sección –rama, tronco entero o segmentado, etc.- empleadas en la fabricación de los mismos. La visibilidad de los anillos de crecimiento y la observación de la dirección de las fibras de la madera son elementos que posibilitan determinar macroscópicamente el soporte leñoso. Además es importante la observación de la existencia de restos de corteza, ya que la misma así como los rastros dejados por el descortezamiento son indicativos de la actividad de preparación del soporte. Por otra parte, la evidencia de indicios de combustión o restos de adhesivo por ejemplo, ofrecen información relacionada con el proceso de acabado o ensamble de las piezas, entre otras cosas.

Una vez determinada la materia prima y el tipo de soporte el paso siguiente es el estudio morfológico de cada instrumento. El mismo consiste en el registro de las dimensiones: longitud, ancho y espesor. No obstante, las propias características de cada objeto determinarán aquellas dimensiones que deberán ser registradas, más allá de las anteriormente mencionadas.

La madera puede ser trabajada de diferentes maneras, por ejemplo con la ayuda de instrumentos cortantes, de percusión directa o indirecta, por raspado o por abrasión. Distintas fuentes históricas (Gallardo, 1910; Gusinde, 1937; entre otros) y trabajos arqueobotánicos (Piqué, 2006; Caruso Fermé, 2008; Caruso Fermé *et al*, 2011) mencionan el desarrollo de diferentes operaciones técnicas que incluyen el descortezamiento, el desbastado y la pulimentación de la madera durante la fabricación de instrumentos atribuidos a grupos cazadores-recolectores patagónicos. De esta manera, el estudio de la superficie de los objetos

es una manera de obtener información sobre las distintas actividades realizadas en el proceso de fabricación.

La recuperación de objetos de madera en sitios arqueológicos patagónicos es sumamente escasa, sólo en casos muy aislados fue posible el estudio de alguna pieza (Pérez de Micou, 1979-82; Capparelli *et al*, 2009). El análisis funcional de artefactos líticos es otra manera de acercarnos a la utilización o consumo de recursos vegetales, ya que el uso de los instrumentos sobre materias primas de origen vegetal produce rastros característicos que permiten inferir el material trabajado y conocer la actividad desarrollada por ese instrumento (Caruso Fermé, 2008). En el área patagónica, la aplicación del análisis funcional de base microscópica se vincula con el uso de las maderas a lo largo de la secuencia de ocupación del canal Beagle. En los conjuntos líticos posteriores al 2.000 AP se produce un incremento sustancial de rastros vinculados con el trabajo de madera en coincidencia con el aumento significativo de las puntas de arma (por ejemplo Clemente 1997; Álvarez, 2003, 2010). No obstante, si bien los instrumentos utilizados en el procesado son un buen indicador de la utilización del material leñoso como materia prima, se continúa desconociendo los procesos tecnológicos desarrollados sobre el mismo.

De esta manera, el análisis tecnológico y funcional, tal como se viene realizando sobre materias primas líticas, es una posible forma de aproximación a los procesos de producción de instrumentos y parte de ellos confeccionados con materia prima leñosa. Sobre la superficie de aquellos instrumentos de madera que poseen una buena conservación, se evidencian dos tipos de trazas: las tecnológicas, producidas durante el proceso de fabricación del instrumento y las funcionales, producidas por el desgaste de uso (Semenov, 1964; Briuer, 1976; Keeley, 1980; Mansu- Franchomme, 1983; Anderson-Gerfaud, 1986; Anderson-Gerfaud *et al*, 1987; Beyries, 1988; Gräslund, 1990; Anderson *et al*, 1993; Castro, 1994, 1996; Clemente, 1997; Barton *et al*, 1998; Kealhofer *et al*, 1999; Álvarez *et al*, 2000; Álvarez *et al*, 2001). Existe un tercer grupo de trazas que son resultado de procesos postdeposicionales (Clemente, 1997, entre otros). A pesar de que las trazas se enmascaran unas a otras, proporcionan suficiente información sobre las acciones que las han producido (Palomo *et al*, 2011).

Las excepcionales condiciones de conservación que caracterizan al sitio Cerro Casa de Piedra 7 posibilitaron la recuperación de dos instrumentos de madera. Uno de ellos en la Capa 17 ( $9.390 \pm 40$  AP) y otro en la Capa 6 ( $6.150 \pm 105$  AP). El análisis traceológico de estos instrumentos tuvo por objetivo inferir de que manera y con qué tipo de instrumentos fueron elaborados. Por otro lado, determinar si efectivamente los mismos fueron utilizados y qué tipo de uso tuvieron.

El estudio de los procesos tecnológicos de los instrumentos de madera recuperados en Cerro Casa de Piedra 7 se basa en el análisis taxonómico, análisis morfológico y análisis traceológico.

### **3.11.1 Análisis taxonómico de objetos de madera**

Como se mencionó anteriormente, la identificación de la especie se realiza a partir de la observación de la estructura anatómica de sus tres planos naturales. La toma de muestras consiste en la extracción de delgadas láminas de cada uno de los tres planos de la madera con la ayuda de un instrumento cortante. Las muestras son visualizadas a través de un microscopio con luz transmitida, (en este trabajo se utilizó un Zeiss (Axioskop 40)<sup>17</sup>, y comparadas con muestras de referencia de madera actual. Este tipo de análisis es invasivo razón por la cual las muestras extraídas deben poseer un tamaño que permita la identificación de la especie, pero ser lo suficiente pequeñas para no dañar el objeto (Caruso Fermé *et al*, 2011). La recuperación de objetos de madera en sitios arqueológicos patagónicos no es recurrente, motivo por el cual la extracción de muestras debe realizarse en las partes que presentan fracturas, pulidos de la superficie o grietas en las piezas estudiadas, de manera que su estudio altere lo menos posible el objeto y pueden ser una vía alternativa para la observación y análisis de los distintos planos de la madera.

---

<sup>17</sup> Laboratoire d'Archéobotanique de CEPAM (Centre d'études Préhistoire Antiquité Moyen Age), laboratoire du CNRS

### **3.11.2 Análisis morfológico de objetos de madera**

El análisis morfológico se basa en el registro métrico: longitud, anchura y espesor de cada pieza. Además fueron consignadas la presencia de restos de corteza, indicios de termoalteración, de restos de adhesivo y las características de la superficie del material –pulida o con marcas de descortezamiento-.

### **3.11.3 La determinación de la función y la producción de los objetos de madera a partir de las trazas**

Las distintas trazas observadas en la superficie de los instrumentos fueron registradas. Las mismas fueron estudiadas mediante la utilización conjunta de una lupa binocular Leica DM 2500M<sup>18</sup> equipada con una cámara Leica IC 3D y un microscopio estereoscópico Leica MZ16A<sup>19</sup> con una cámara Leica DFC 420. Las trazas analizadas fueron seleccionadas y capturadas en soporte digital. Esta fase del estudio fue realizado bajo la supervisión del Dr. Ignacio Clemente (Institución Milá i Fontanals. CSIC).

---

<sup>18/19</sup> Departamento de Arqueología y Antropología. Institución Milá i Fontanals (CSIC). Barcelona



**ANÁLISIS ANTRACOLÓGICO  
DE LOS CONTEXTOS PATAGONICOS**



## 4 CASOS DE ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN

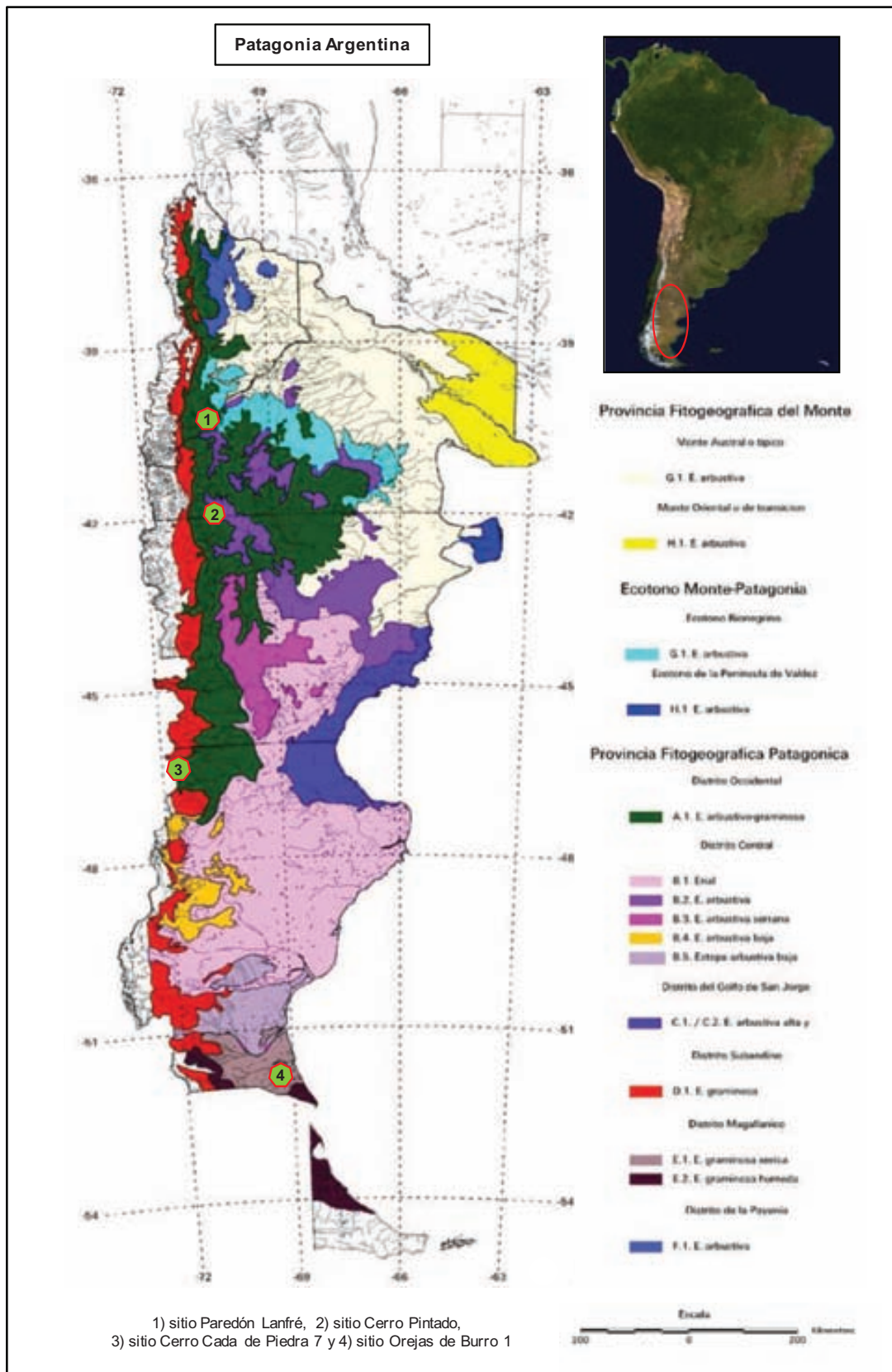
La Patagonia argentina se extiende entre el río Colorado al norte y el cabo de Hornos al sur, el océano Atlántico al este y el límite con Chile al oeste. Su superficie es de aproximadamente 1.760.000 km<sup>2</sup>. Políticamente la componen cinco provincias: Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz, y Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. La variabilidad ambiental de Patagonia se encuentra determinada por diversos factores. La latitud, relieve y la posición de la cordillera respecto de los océanos son algunos de estos factores (Cabrera y Willink, 1973; Morello, 1984). La entrada de vientos húmedos procedentes del Pacífico, así como el marcado aumento de las precipitaciones en sentido este-oeste, determinan -entre otras cosas - la variación de la vegetación desde la estepa llegando a la conformación de densos bosques hacia el oeste del área. De esta manera, la disminución de las precipitaciones desde el oeste hacia el este establece un gradiente de tipos de vegetación: bosque, estepa gramínea, estepa arbustivo-gramínea, estepa arbustiva y erial (Soriano, 1956; Movia *et al.*, 1987; León *et al.*, 1998). En Patagonia continental, el ambiente de bosque que se extiende a lo largo de la Cordillera de los Andes entre las latitudes 39° Sur y 53° Sur se presenta como una estrecha franja de aproximadamente 2000 km de largo y 120 km de ancho. A lo largo de su extensión y en sentido norte-sur se observa una disminución de la riqueza de especies vegetales (Arroyo *et al.*, 1995; Morello, 1984).

Para el desarrollo de esta tesis fueron seleccionados determinados sitios arqueológicos localizados en diferentes tipos de formaciones vegetales: bosque, ecotono-bosque estepa y estepa (según reconstrucciones polínicas y registros actuales) en distintas latitudes de la Patagonia argentina. Los sitios arqueológicos son los siguientes –ver mapa 1-:

- **Paredón Lanfré** -41° 36' 18'' S y 71° 32' 38'' W- situado en el bosque andino-patagónico (provincia de Río Negro).
- **Cerro Pintado** -42° 31' 07''S y 71° 30' 34''W-, a 100 km del anterior yacimiento, localizado en la zona de ecotono-bosque estepa, (provincia de Chubut).



- **Cerro Casa de Piedra 7** -47°57'S y 72°05'W- ubicado en el Parque Nacional Perito Moreno en una zona característica de ecotono-bosque estepa (provincia de santa Cruz).
- **Orejas de Burro 1** -52° 07.769' S y 69° 33.151' W- , más precisamente en las estepas del Campo Volcánico Pali Aike (provincia de santa Cruz).



Mapa 1: Ubicación de los cuatro sitios arqueológicos trabajados en esta tesis

A continuación se describen los tipos de formaciones vegetales que caracterizan la zona donde se encuentra cada uno de los sitios arqueológicos. De esta manera se presentan en primer lugar el Paralelo 42° (área de la Comarca Andina), posteriormente el Paralelo 47° (área cordillerana) y finalmente el Paralelo 52° (campo volcánico).

#### **4.1 PARALELO 42° (COMARCA ANDINA)**

Como casos de estudio para esta latitud se analizaron los sitios arqueológicos **Cerro Pintado** y **Paredón Lanfré**, separados por 100 km de distancia. Cerro Pintado está ubicado en un afloramiento rocoso sobre la margen izquierda del río Blanco, al sudoeste de la localidad de Cholila -provincia de Chubut- (Bellelli *et al.*, 2003). Paredón Lanfré se encuentra al pie de la ladera del Cerro Foyel (500 m s.n.m.) en la provincia de Río Negro, a mil metros de la margen izquierda (sur) del Río Manso (Podestá *et al.*, 2007).

Ambos sitios se encuentran localizados en la Comarca Andina del Paralelo 42° (CA42°) la cual comprende el área cordillerana del noroeste de la Provincia del Chubut y del sudoeste de la Provincia de Río Negro (Podestá *et al.*, 2000). La Comarca se estructuró oficialmente en 1990 utilizando criterios geográficos, económicos, sociales y turísticos, aunque fue concebida como una unidad desde hace varias décadas. el límite interprovincial no quiebra la unidad territorial de la región que se encuentra aproximadamente entre los paralelos 41° 45' y 42° 35' de latitud sur y los meridianos de 71° y 72° de longitud oeste (Podestá *et al.*, 2000; Bellelli *et al.*, 2003; entre otros) –ver figura 24-.

El área de la Comarca Andina Paralelo 42° (CA42°) se extiende dentro del denominado Distrito Occidental, correspondiente a la unidad fisonómica-florística Provincia Fitogeográfica Patagónica (Cabrera y Willink, 1973; Cabrera, 1976; León *et al.*, 1998). La entrada de vientos húmedos procedentes del Pacífico, así como el marcado aumento de las precipitaciones en sentido este-oeste, determinan -entre otros factores- la variación de la vegetación desde la

estepa llegando a la conformación de densos bosques hacia el oeste del área (Soriano, 1956; León *et al.*, 1998).

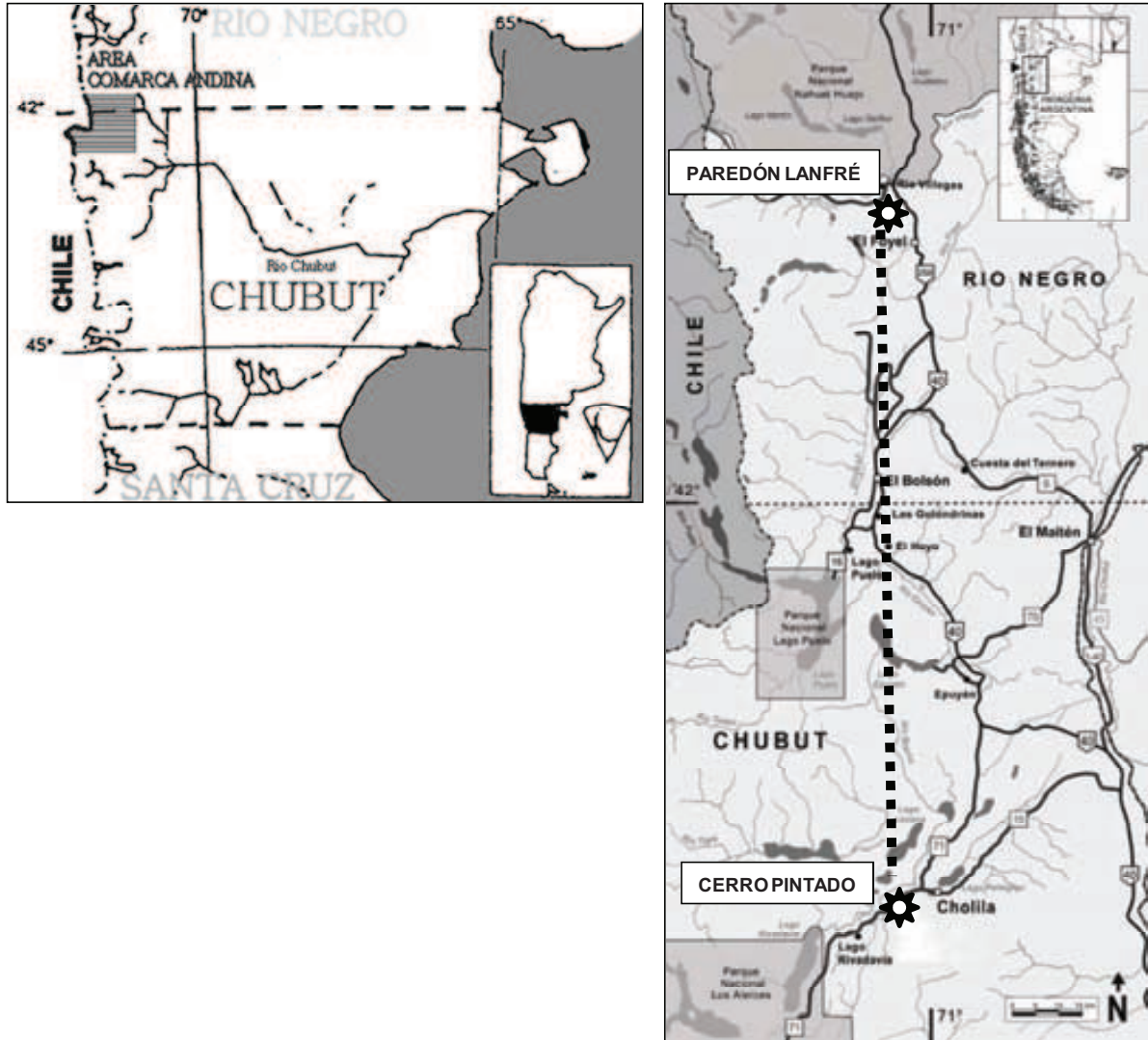


Figura 24: Izq. Mapa ubicación de la CA42° en Patagonia. Der. Mapa ubicación de los sitios Paredón Lanfré y Cerro Pintado en la CA42°

Actualmente la Comarca Andina se caracteriza por la presencia de un Bosque Caducifolio y en menor medida por la presencia de un Bosque templado de tipo valdiviano (Cabrera y Willink, 1973), popularmente conocido como selva valdiviana –ver mapa 1 y 2-

#### *-Bosque Templado de tipo Valdiviano*

El Bosque Valdiviano comprende gran parte del sur de Chile (37° 20'S hasta el paralelo 47° y una franja muy angosta lindante del sudoeste de la Argentina -provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut- en sectores puntuales relacionados con isohietas superiores a 1500 mm anuales (Dimitri 1972; Cabrera y Willink, 1973; Cabrera, 1976; Faggi 1994; Mendes *et al.*, 1995). Este tipo de bosque se caracteriza básicamente por sus formaciones de bosques perennifolios, dominados por *Nothofagus dombeyi* –coihue- en asociación con *Fitzroya cupresoides* –alerce- y otras especies de *Nothofagus* (*N. obliqua* –roble- y *N. alpina* -raulí-). El sotobosque se caracteriza por la presencia de especies tales como *Ribes magellanicum* -parilla-, *Fuchsia magellanica* -chilco-, *Berberis* sp., Bambúseas (género *Chusquea*, etc) dicotiledóneas arbóreas, lianas, etc. (Cabrera y Willink, 1973; Cabrera, 1976).

#### *-Bosque caducifolio*

El Bosque Caducifolio se presenta como una franja en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes en el centro-sur de Chile y las provincias argentinas de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego Antártida e Islas del Atlántico Sur (Cabrera y Willink, 1973). En el área de la Comarca Andina *Austrocedrus chilensis* forma bosques puros o mixtos en asociación con *Nothofagus* (Cabrera y Willink, 1973; Dezzotti *et al.*, 1991; Gallo *et al.*, 2004; Donoso *et al.*; 2006). En esta área las especies características de género *Nothofagus* son: *Nothofagus antarctica* -ñire-, -coihue y *Nothofagus pumilio* -lenga- (localizada entre los 900 y 1100 m.s.n.m.). El estrato arbustivo se caracteriza por la presencia de especies tales como *Fabiana imbricata* –palo pichi, *Colletia spinosa*, *Berberis* sp., etc. (Cabrera y Willink, 1973; Cabrera, 1980; Faggi 1994).



## Región Bosque Andino Patagónico

### TIERRAS FORESTALES ( 502.345 ha )

Tierras con una cobertura de copa mayor al 20 %, donde los árboles pueden alcanzar una altura mínima de 7 metros e su madurez presentando una estructura continua de bosque, muy poco fragmentado.

#### Bosque de Lengua ( 338.181 ha )

Bosque con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", pudiéndose presentar especies acompañantes como *Cotinus "Nothofagus dombergii"* en la Patagonia Continental o Guindo "Nothofagus betuloides" en la Patagonia Insular.

#### Bosque de Coihue ( 121.753 ha )

Bosque con predominio de Coihue "Nothofagus dombergii", pudiéndose presentar, junto o con especies acompañantes como *Chorizanthe "Nothofagus dombergii"* y *Chorizanthe "Nothofagus dombergii"* en la Patagonia Continental. Se Valdiviana como Alerce "Fitzroya cupressoides", Hual-Hual "Lauralepis philippiana", Ticoe, "Weinmannia richosperma".

#### Bosque Mixto ( 13.582 ha )

Bosque mixto con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", Roble Pelín "Nothofagus obliqua", Raulí "Nothofagus alpina", Radal "Lomata trisulca" y Mallén "Maytenus boaria", entre otras, en la Patagonia Continental.

#### Bosque Mixto de Tierra del Fuego ( 0 ha )

Bosque mixto con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", Guindo "Nothofagus betuloides" y Canelo "Drymis winteri", entre otras, en la Patagonia Insular.

#### Bosque de Ciprés ( 30.830 ha )

Bosque con predominio de Ciprés de la Cordillera "Araucocarpus chilensis".

#### Bosque de Araucaria ( 0 ha )

Bosque con predominio de Araucaria o Peñón "Araucaria araucana".

#### Bosque Mixto de Araucaria ( 0 ha )

Bosque mixto con predominio de Araucaria o Peñón "Araucaria araucana" acompañado con Ciprés de la Cordillera "Araucocarpus chilensis", Coihue "Nothofagus dombergii", Roble Pelín "Nothofagus obliqua" y Raulí "Nothofagus alpina", entre otras, en función de las condiciones ambientales predominantes.

### OTRAS TIERRAS FORESTALES ( 498.224 ha )

Tierras donde la cobertura de copas es menor al 20 % o terrenos con una cobertura de copas mayor al 20 %, en la que los árboles no son capaces de alcanzar una altura de 7 metros a su madurez o aquellos con una cobertura arbustiva mayor al 20 %.

#### Bosque de Lengua ( 37.599 ha )

Bosque continuo o en islotes con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", pudiéndose presentar junto con Raulí "Nothofagus alpina".

#### Bosque de Nire ( 326.007 ha )

Bosque continuo o en islotes con predominio de Nire "Nothofagus antarctica".

#### Bosque Mixto ( 0 ha )

Bosque mixto con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", Roble Pelín "Nothofagus obliqua", Raulí "Nothofagus alpina", Radal "Lomata trisulca" y Mallén "Maytenus boaria", entre otras, en la Patagonia Continental.

#### Bosque Mixto de Tierra del Fuego ( 0 ha )

Bosque mixto con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", Guindo "Nothofagus betuloides" y Canelo "Drymis winteri", entre otras, en la Patagonia Insular.

#### Arbustal ( 131.968 ha )

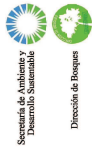
Formación arbustiva baja no diferenciada. En altura corresponde a Lengua achaparrada "Nothofagus pumilio" en el límite de vegetación.

#### Bosque Incendiado ( 2.679 ha )

Zona boscosa en la cual se verifican incendios recientes.

### OTRAS TIERRAS

Área sin cobertura arbórea o arbustiva.



REPÚBLICA ARGENTINA

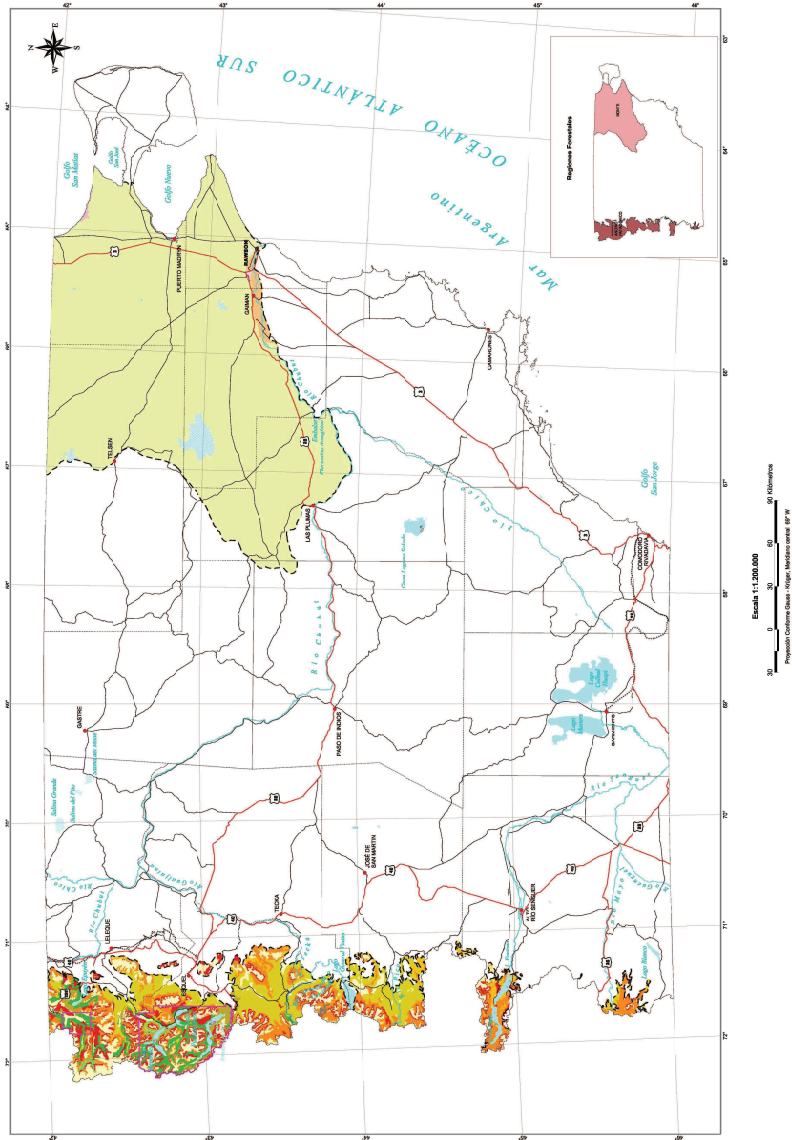
## PRIMER INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS

AÑO 1998 - 2001

PROYECTO BOSQUES NATIVOS Y ÁREAS PROTEGIDAS  
PRÉSTAMO BIRF N. 4085-AR

### Mapa Forestal de la provincia de Chubut

Escala 1:1.200.000



Mapa 2: Mapa forestal de la provincia de Chubut (Ministerio de Desarrollo Social, Rep. Argentina)



REPÚBLICA ARGENTINA

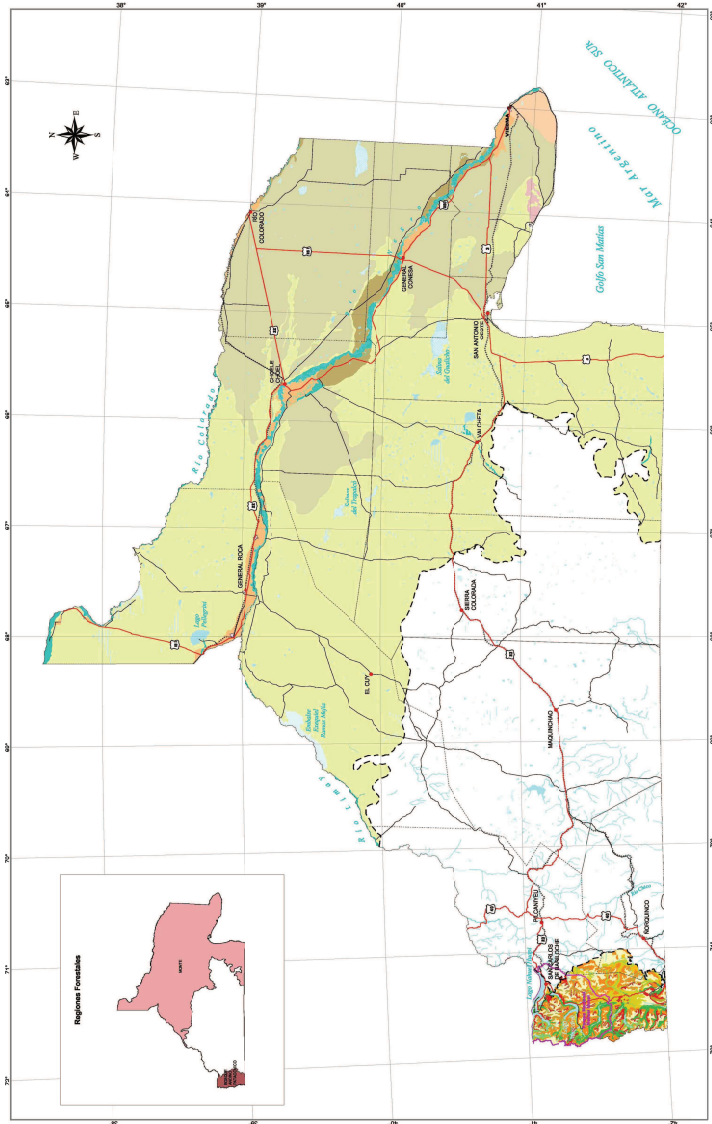
## PRIMER INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS

AÑO 1998 - 2001

PROYECTO BOSQUES NATIVOS Y ÁREAS PROTEGIDAS  
PRÉSTAMO BIRF N° 4085-AR

### Mapa Forestal de la provincia de Río Negro

Escala 1:11.350.000



Escala 1:11.350.000  
0 40 80 160 Kilómetros  
Provincia de Río Negro - Mapa Nacional Forestal 1998

## Región Bosque Andino Patagónico

### TIERRAS FORESTALES ( 259.434 ha )

Tierras con una cobertura de copa mayor al 20 % donde los árboles pueden alcanzar una altura mínima de 7 metros o su madurez presentando una estructura continua de bosque, muy poco fragmentado.

**Bosque de Lengua ( 165.211 ha )**

Bosque con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", pudiéndose presentar especies acompañantes como Colihue "Nothofagus dombergii" en la Patagonia Continental o Guindo "Nothofagus betuloides" en la Patagonia Insular.

**Bosque de Colihue ( 72.548 ha )**

Bosque con predominio de Colihue "Nothofagus dombergii", pudiéndose presentar puro o con especies acompañantes como Ciprés de la Cordillera "Araucaria chilensis", Lengua "Nothofagus pumilio" y especies introducidas a la Sabana Valdiviana como Juncos "Fitzroya cupressoides", Hualtuen "Lauridopsis philippiana", Inop "Waimanania thibetopama".

**Bosque Mixto ( 13.798 ha )**

Bosque mixto con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", Roble Pelín "Nothofagus obliqua", Raülí "Nothofagus alpina", Nacali "Lomatia hirsuta" y Maitén "Maytenus boaria", entre otras, en la Patagonia Continental.

**Bosque Mixto de Tierra del Fuego ( 0 ha )**

Bosque mixto con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", Guindo "Nothofagus betuloides" y Canelo "Drynis winteri", entre otras, en la Patagonia Insular.

**Bosque de Ciprés ( 7.876 ha )**

Bosque con predominio de Ciprés de la Cordillera "Araucaria chilensis".

**Bosque de Araucaria ( 0 ha )**

Bosque con predominio de Araucaria o Peluán "Araucaria araucana".

**Bosque Mixto de Araucaria ( 0 ha )**

Bosque mixto con predominio de Araucaria o Peluán "Araucaria araucana" alternando con Ciprés de la Cordillera "Araucaria chilensis", Lengua "Nothofagus pumilio", Colihue "Nothofagus dombergii", Raülí "Nothofagus alpina", Roble Pelín "Nothofagus obliqua" y Nire "Nothofagus antártica" en función de las condiciones ambientales predominantes.

### OTRAS TIERRAS FORESTALES ( 122.365 ha )

Terrenos donde la cobertura de copas es menor al 20 % o terrenos con una cobertura de copas mayor al 20 % en la que los árboles no son capaces de alcanzar una altura de 7 metros a su madurez o aquellos con una cobertura arbustiva mayor al 20 %.

**Bosque de Lengua ( 7.473 ha )**

Bosque continuo o en isleñas con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", pudiéndose presentar junto con Nire "Nothofagus antártica".

**Bosque de Nire ( 80.902 ha )**

Bosque continuo o en isleñas con predominio de Nire "Nothofagus antártica".

**Bosque Mixto ( 0 ha )**

Bosque mixto con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", Roble Pelín "Nothofagus obliqua", Raülí "Nothofagus alpina", Nacali "Lomatia hirsuta" y Maitén "Maytenus boaria", entre otras, en la Patagonia Continental.

**Bosque Mixto de Tierra del Fuego ( 0 ha )**

Bosque mixto con predominio de Lengua "Nothofagus pumilio", Guindo "Nothofagus betuloides" y Canelo "Drynis winteri", entre otras, en la Patagonia Insular.

**Arbustal ( 33.990 ha )**

Formación arbustiva baja no diferenciada. En altura corresponde a Lengua achaparrada "Nothofagus pumilio" en el límite de vegetación.

**Bosque Incendiado ( 0 ha )**

Zona boscosa en la cual se verifican incendios recientes.



### 4.1.1 Evolución histórica del paisaje y la vegetación

Las características de la vegetación del noroeste de Patagonia han sido estudiadas a partir del análisis de testigos sedimentarios realizados en la Laguna el Trébol -41.07° S y 71.49° W, en la prov. Río Negro y en el Lago Mosquito o Pellegrini -42.50° S y 71.40° W- en la prov. Chubut (Whitlock *et al.*, 2006). Los distintos estudios señalan cambios en la vegetación y el clima durante últimos 15.000 años calibrados A. P. (Whitlock *et al.*, 2006). A continuación se presentará una síntesis sobre la evolución paleoambiental de éste área.

Los distintos estudios señalan cambios en la vegetación y el clima durante últimos 15.000 años calibrados A. P. Los resultados obtenidos a partir de los testigos sedimentarios de la Laguna el Trébol evidencian para el período 15.000 predominio de taxones herbáceos y posteriormente un aumento brusco de *Nothofagus dombeyi* y disminución de taxones como Asteraceae y Poaceae. Esta asociación de polen sugiere un bosque de *Nothofagus* escaso (probablemente de *Nothofagus dombeyi* o *N. antarctica*) y zonas verdes (Whitlock *et al.*, 2006).

Entre los 11.380 y 5.880 años cal. AP la asociación de polen sugiere para la zona de la Laguna el Trébol un bosque de *Nothofagus* abierto con un sotobosque de arbustos. Por su parte el alto porcentaje de Cyperaceae y Juncaeae evidenciado en los testigos sedimentarios del Lago Mosquito para el período 9.060 años cal. AP sugiere condiciones de humedales –ver tabla 6 y 7-. Entre el 9.060-3.500 años cal. AP los datos de ambos testigos sedimentarios demuestran una disminución de *Nothofagus dombeyi* y un aumento en el porcentaje de Cupressaceae (Whitlock *et al.*, 2006).

Los resultados de la Laguna el Trébol sugieren desde los 3.500 cal AP hasta la actualidad un aumento del porcentaje de *Nothofagus dombeyi* y una disminución de los valores de Cupressaceae. Esta asociación indicaría el establecimiento de un bosque mixto como el actual, dominado mayoritariamente por *Nothofagus* y en menor medida por *Austrocedrus chilensis*. Por su parte los resultados obtenidos en el Lago Mosquito plantean para el 210 cal AP hasta la actualidad una fuerte disminución de *Nothofagus dombeyi* y aumento del porcentaje de Cupressaceae (Whitlock *et al.*, 2006) –ver figura 25 -.

<b>CAMBIOS PALEOAMBIENTALES</b>	
(Lago Mosquito -42.50° S y 71.40° W-)	
<b>Cronología</b> (años AP)	<b>VEGETACIÓN</b>
9.060	Altos porcentajes de taxones esteparios (Asteraceae, etc.) Bajas cantidades de <i>Nothofagus dombeyi</i> Altos porcentajes de Cyperraceae y Juncaceae
9.060-4.030	Aumento de <i>Nothofagus dombeyi</i> , Disminución polen de estepa y matorrales Porcentajes significativos de taxones de bosque abierto (Rhamnaceae y Maytenus)
4.030-2.670	Disminución de <i>Nothofagus dombeyi</i> Fuerte aumento de Poaceae Ligero aumento de Cupressaceae
2.670-1.380	Valores moderados de <i>Nothofagus dombeyi</i> Altos valores de Cupressaceae
1.378-225	Aumentode <i>Nothofagus dombeyi</i> Disminución valores de Cupressaceae
210 actualidad	Fuerte disminución de <i>Nothofagus dombeyi</i> Aumento porcentaje de Cupressaceae
Bibliografía	Whitlock et al. , 2006

Tabla 6: Evolución paleoclimática del área de la Comarca Andina Paralelo 42° (Resultados de la Laguna el Trébol)

<b>CAMBIOS PALEOAMBIENTALES</b>	
(Laguna el Trébol -41.07° S y 71.49° W-)	
<b>Cronología</b> (años AP)	<b>VEGETACIÓN</b>
15.000	Predominio de taxones herbáceos
15.360	Altos porcentajes de Poaceae, Porcentajes bajos de taxones de estepa (Asteraceae, etc.) Taxones de bosque: Myrtaceae, podocarpus, etc.
15.360-11.380	Aumento brusco de <i>Nothofagus dombeyi</i> , Disminución de Poaceae y Asteraceae
11.380-5.880	Altos porcentajes de <i>Nothofagus dombeyi</i> , Maytenys Rhamnaceae y taxones esteparios (Asteraceae, etc.)
5.880-3.500	Disminución porcentaje de <i>Nothofagus dombeyi</i> Aumento porcentaje de Cupressaceae Cotinua la disminución de porcentaje de Poaceae
3.500 actualidad	Aumentode <i>Nothofagus dombeyi</i> Disminución valores de Cupressaceae Valores muy bajos de Poaceae
Bibliografía	Whitlock et al. , 2006

Tabla 7: Evolución paleoclimática del área de la Comarca Andina Paralelo 42° (Resultados del Lago Mosquito)

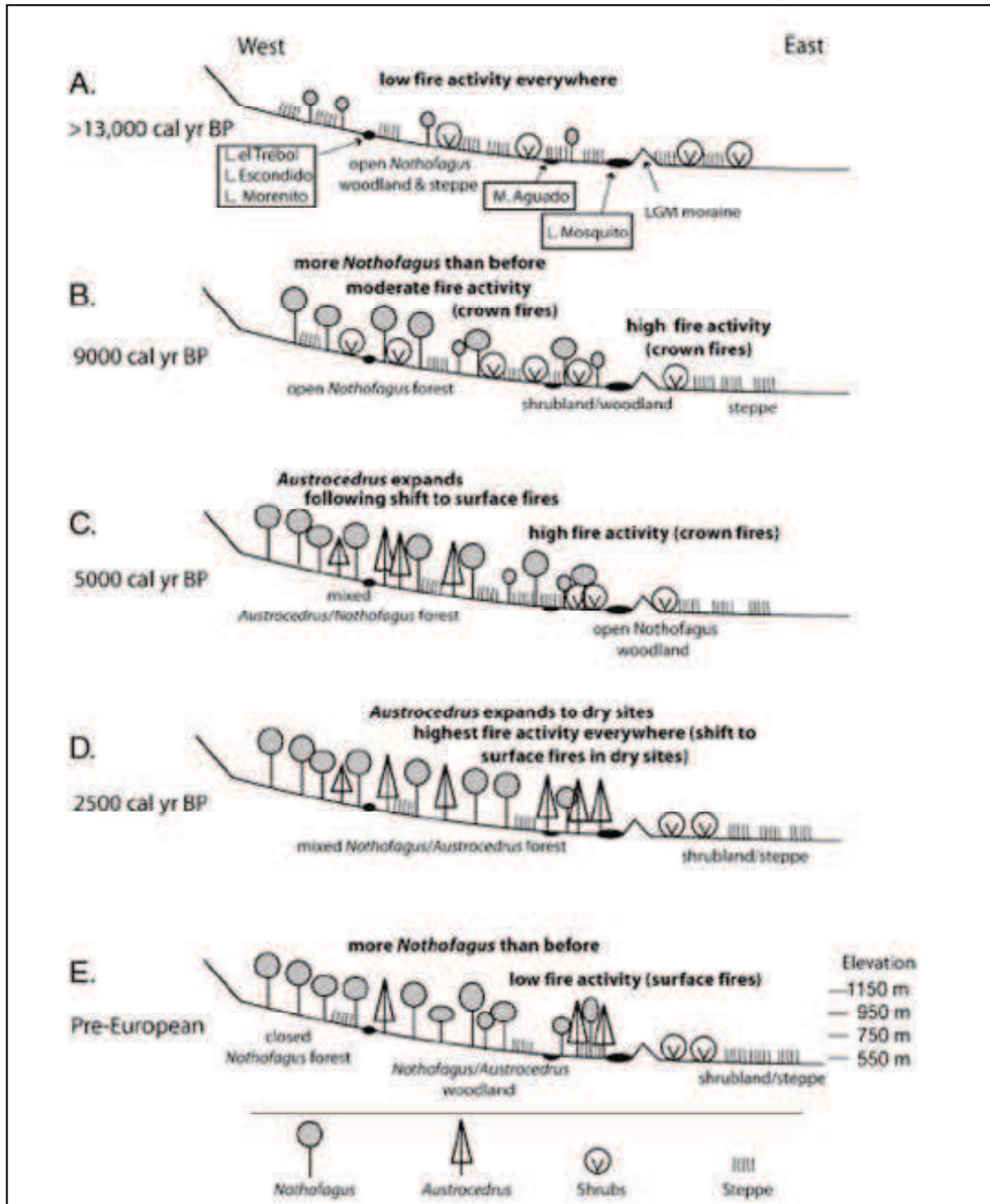


Figura 25: Esquema de la evolución de la vegetación durante los últimos 13.000 años en el norte de Patagonia (extraído de Whitlock et al., 2006)

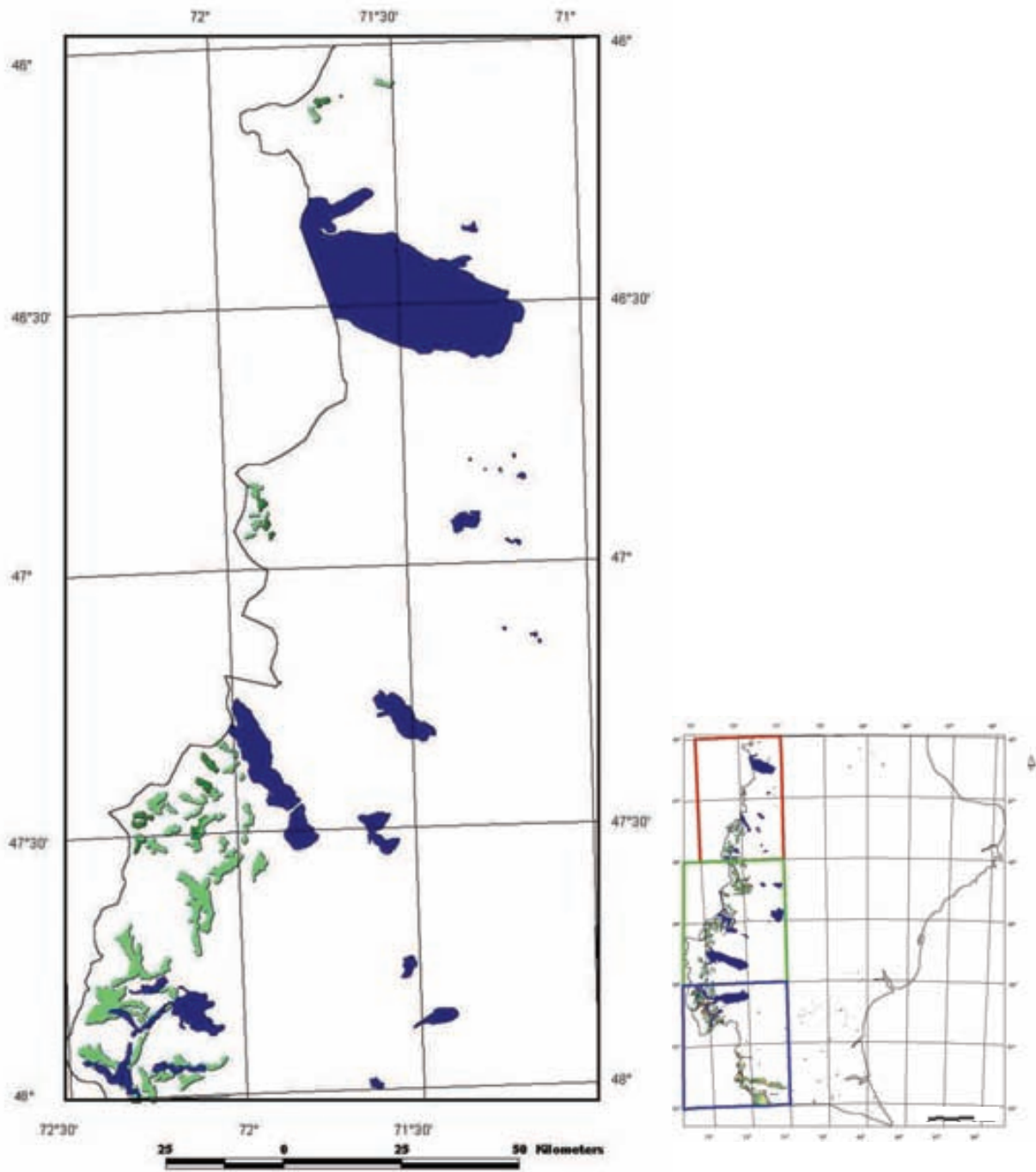
## 4.2 PARALELO 47º (ÁREA CORDILLERANA)

Como caso de estudio para esta latitud del sur de Patagonia se analizó el sitio arqueológico Cerro Casa de Piedra 7, localizado a 900 m s.n.m. en el cerro del mismo nombre, en el Parque Nacional Perito Moreno (PNPM). Este parque nacional de 115.000 ha. se encuentra en el área cordillerana de la Provincia de Santa Cruz a los 47º 40' S y 72º 30' O, limitando al oeste con Chile. Una de sus peculiaridades es la presencia de ocho lagos (siete de vertiente pacífica y uno de vertiente atlántica). El PNPM forma parte del área arqueológica “Río Belgrano-Lago Posadas (ARBLP)” (Aschero *et al.*, 1992), cuya ocupación humana desde el Holoceno temprano ha sido comprobada (Aschero *et al.*, 2005; Civalero *et al.*, 2007).

El clima de la región es templado-frío, con temperaturas inferiores a -10°C durante los meses húmedos de invierno y con veranos secos. Fitogeográficamente se ubica dentro de las provincias Altoandina, Subantártica y Patagónica (Cabrera y Willink, 1973; Cabrera, 1976; Roig, 1998, León *et al.*, 1998). La entrada de vientos húmedos procedentes del Pacífico, así como el marcado aumento de las precipitaciones en sentido este-oeste, determinan -entre otros factores- la variación de la vegetación desde la estepa llegando a la conformación de densos bosques hacia el oeste del área. El paralelo de 47ºS coincide con un límite importante en la distribución de la vegetación. Hacia el norte, donde las precipitaciones son mayores, el bosque se caracteriza por una mayor biodiversidad en contraposición a los bosques del sur patagónico. Por su parte, en Patagonia centro-meridional el meridiano de 70º marca la separación entre la secuencia ambiental/microambiental Cordillera-Altiplanicie Central al oeste y Altiplanicie-Costa Atlántica al este (Aschero, 1996).

El área de estudio posee tres sectores ambientales claramente definidos:

- a) la estepa, representada básicamente por densos coironales de *Festuca pallelescens* y ejemplares de *Nardophyllum obtusifolium* (mata torcida);
- b) una zona de transición con vegetación achaparrada por el viento caracterizada principalmente por *Nothofagus antarctica* y *Nothofagus pumilio*; y
- c) el bosque, constituido casi exclusivamente por *N. pumilio*, donde la temperatura es algo superior y los vientos no soplan con tanta inclemencia. Los límites geográficos y su heterogeneidad están relacionados con las condiciones climáticas (Mermoz, 1998) –ver figura 26-.



FUENTE: Precaria Forestal, 1984  
 Instituto Forestal Nacional - Consejo Agrario Provincial  
 CARTOGRAFIA DIGITAL: Pablo Luis Peri - Pablo Rial - Liliana González  
 Laboratorio de Teledetección y S.I.G.  
 E.E.A. Santa Cruz. Convenio INTA - Prov. de Santa Cruz - UNPA

Bosque de lenga denso continuo  
 Bosque de lenga denso en isletas a semiabierto

Figura 26: Tipos forestales del Bosque Nativo (Peri, 2004)

El bosque continuo es el de mayor porte y cobertura, alcanzando los 1.500 msnm. Está integrado por cuatro taxones arbóreos: *Nothofagus pumilio*, *Nothofagus betuloides*, *Nothofagus antarctica* y *Drimys winteri* (canelo). Las especies *Embothrium coccineum* (notro), *Maytenus magellanica* (maitén) y *Pilgerodendrom uviferum* (ciprés de la guaitecas) pueblan los sitios más húmedos del bosque. Los bosques discontinuos, en cambio, son más bajos y abiertos pero con un sotobosque más rico y en general bastante denso. El estrato arbóreo está integrado casi exclusivamente por *Nothofagus antarctica* (Movia *et al.*, 1987; Mermoz, 1998; Peri, 2004). Como integrantes más frecuentes del sotobosque se encuentran: *Empetrum rubrum* (murtilla), *Mullinum spinosum* (neneo), *Nardophyllum obtusifolium* (mata torcida), *Pernettya mucronata* (chaura), *Berberis buxifolia* (calafate), *Chiliotrichium diffusum* (mata negra), *Baccharis magellanica* (mosaiquillo), *Senecio miser* (senecio), *Senecio patagonicus* (senecio), *Discaria chacaye* (espino blanco), *Adesmia boronioides* (paramela), *Anarthrophyllum rigidum* (mata guanaco); *Escallonia rubra* (siete camisas), entre otros (Mermoz, 1998; Kofalt y Mascó, 2000-2004; Guerrido *et al.*, 2007).

#### **4.2.1 Evolución histórica del paisaje y la vegetación**

Las características de la vegetación patagónica han sido estudiadas mediante el análisis polínico en gradientes climáticos actuales. Estos estudios permitieron no sólo describir sus peculiaridades y evaluar las relaciones actuales entre los conjuntos polínicos, el clima y la flora, sino que posibilitaron la interpretación de los cambios climáticos y de la vegetación durante el Holoceno a partir de la realización de registros de polen fósil en sedimentos arqueológicos y turberas (Paez *et al.*, 1994; Markgraf *et al.*, 1996; Mancini, 1997, 1998, 2002; Rojas Villegas *et al.*, 1997; Burry *et al.*, 2005).

A continuación se presentará una síntesis sobre la evolución paleoambiental del área Río Belgrano-Lago Posadas a partir de la transición Pleistoceno-Holoceno. Para ello se recurrió a datos provenientes de secuencias polínicas de tres sitios arqueológicos ubicados en el Parque Nacional Perito Moreno: Cerro Casa de Piedra 7 (Mancini, 1997, 1998, 2002, 2007, 2009; Bamonte y Mancini, 2009, 2011; Velázquez *et al.*, 2010) y los aleros Dirección Obligatoria y



Destacamento Guardaparques en el sector norte del parque (Mancini, 2002, 2007). Se incluye también información obtenida en latitudes más australes (50°S), en el sitio arqueológico Chorrillo Malo 2 (Mancini, 2007, 2009) y en una turbera en la zona de bosque cercana al Cerro Frías (Mancini, 2007, 2009; Bamonte y Mancini, 2009) –ver tabla 8 y figura 27-. La inclusión del análisis polínico de sedimentos procedentes de sitios no arqueológicos posibilita la inferencia de cualquier alteración tafonómica resultante de la depositación polínica (Mancini, 2007). De esta manera, la lectura y comparación de las distintas secuencias polínicas permiten realizar una interpretación paleoecológica adecuada del registro paleoambiental de la zona de estudio.

Los distintos estudios palinológicos señalan cambios en la vegetación y el clima desde la transición Glaciar tardío-Holoceno. Entre los 10.600 y 9.600 años cal. AP las secuencias polínicas sugieren un acrecentamiento del género *Nothofagus*, probablemente en relación con el aumento de la temperatura y de las precipitaciones. La estructura de los bosques de *Nothofagus* habría sido relativamente abierta permitiendo la existencia de arbustos como, por ejemplo, subf Asteraceae Asteroideae y plantas en cojín -*Empetrum*, *Acaena*, etc.- La presencia de helechos también indica condiciones de bosque abierto hasta los 8.000 (Mancini, 2009). Es importante mencionar los estudios de González (1990) que proponen para esa época un aumento en el caudal de las cuencas lacustres del área, lo que habría formado un gran paleolago que alcanzó a cubrir hasta la cota actual de 900 metros, unificando así las actuales cuencas de los lagos Belgrano, Burmeister y Azara. Esto se ve reflejado en los sedimentos basales de las cuevas del Cerro Casa de Piedra y en las muescas de erosión lacustre en el frente de CCP7 (ver Aschero, 1996).

Entre los 8.000 y 7.000 años cal. AP el bosque de *Nothofagus* continúa creciendo (Mancini, 2002). Para el período entre 7.000 y 6.000 años cal. AP se registra una disminución en los porcentajes de *Nothofagus*, lo que según Mancini (2002) puede indicar una reducción de los bosques. Entre 5.800 y 3.200 cal. AP el incremento de taxones arbustivos - Asteraceae subf. Asteroideae, Solanaceae, *Berberis*, *Mulinum*- y de *Nothofagus* sugiere un aumento de la temperatura de verano asociado a condiciones de mayor disponibilidad hídrica. La asociación polínica durante este lapso reflejaría el desarrollo del ecotono bosque-estepa arbustiva que actualmente crece hacia las zonas más cercanas a los Andes (Mancini, 1997,1998, 2002).



Después de ca. 3.000 años cal. AP el incremento de *Nothofagus* y la disminución de taxones arbustivos (*Asteraceae* subf. *Asteroideae*, *Mulinum*, *Empetrum*, *Berberis*) indican aumentos episódicos de la temperatura, aunque no tan significativos como para posibilitar el establecimiento continuo del bosque. Entre 2.700 y 2.000 AP habría ocurrido el máximo desarrollo del bosque discontinuo de *Nothofagus* en los alrededores del cerro Casa de Piedra (Mancini, 2002, 2009). La semejanza en los valores porcentuales de los espectros polínicos actuales estaría señalando bosques discontinuos de *Nothofagus* (Hesser, 1989). Para esa época Stine y Stine (1990) registran un importante incremento en el nivel del lago Cardiel, que concuerda con una nueva formación del paleolago en el PNPM (González 1992).

Entre 1200 y 250 AP, las secuencias polínicas de los sitios del sector norte del parque - aleros Destacamento Guardaparques y Dirección Obligatoria- evidencian la expansión de la estepa arbustiva, sugiriendo de esta manera un aumento de la temperatura comparable con los registros actuales (Mancini, 2002).

<b>CAMBIOS PALEOAMBIENTALES</b>			
<b>Cronología</b> (años AP)	<b>VEGETACIÓN</b>	<b>CLIMA</b>	<b>LINEA DE COSTA</b> (Lago Cardiel)
1.000	<b>*ESTEPA GRAMINOSA</b> (sector norte del Parque Nac. P. Moreno) -condiciones análogas a las actuales- (a partir 250 AP)	Aumento en la disponibilidad de la humedad	Descenso de niveles lacustres -Período seco- (900 AP)
	<b>*EXPANSIÓN ESTEPA ARBUSTIVA</b> -sector norte del Parque Nac. P. Moreno- (1.200 y 250 años A.P)	Aumento de la temperatura Aumento de la precipitaciones -condiciones similares a las actuales- (1.200 y 250 años A.P)	
2.000	<b>*MÁXIMO desarrollo del BOSQUE</b> discontinuo de <i>Nothofagus</i> (2.700 y 2.000 AP)	Aumentos episódicos de la precipitación y disminución de temperatura. Período de mayor humedad (2.700 y 2.000 AP)	Aumento de niveles lacustres -Período húmedo- (2.200 AP)
3.000	<b>*AUMENTO de TAXONES ARBUSTIVOS:</b> <i>Asteraceae</i> subf. <i>Asteroideae</i> , <i>Solanaceae</i> , <i>Berberis</i> sp., <i>Mulinum</i> <b>*AUMENTO del GÉNERO NOTHOFAGUS</b> Desarrollo del ecotono bosque-estepa -condiciones similares a las actuales- ( ca 5.800 y 3.200 AP)	Aumento de la temperatura de verano mayor disponibilidad hídrica (ca 5.800 y 3.200 AP)	Descenso de niveles lacustres -Período seco-
4.000			Aumento de niveles lacustres -Período húmedo- (5.500 y 4.500 AP)
5.000			
6.000	<b>*REDUCCIÓN BOSQUE de NOTHOFAGUS</b> <b>*EXPANSIÓN ESTEPA ARBUSTIVA:</b> - <i>Asteraceae</i> subf. <i>Asteroideae</i> , <i>Empetrum rubrum</i> , <i>Acaena</i> , <i>Azorella</i> , <i>Verbenaceae</i> , <i>Fabaceae</i> - (ca 7.000 y 6.000 años AP)	Período seco (condiciones más áridas y más frías que la actualidad) (ca 7.000 y 6.000 años AP)	Descenso de niveles lacustres -Período seco-
7.000			
8.000	<b>*CONTINUO AUMENTO del BOSQUE de NOTHOFAGUS</b> (entre ca. 8.000 y 7.000 años AP)		Finalización etapa transgresiva de nivel lacustre (ca. 7.700 años AP). Aumento de niveles lacustres -Período húmedo- (10.000 y 7.000 AP)
9.000	<b>*AUMENTO del GÉNERO NOTHOFAGUS</b> (comienza a expandirse el Bosque de <i>Nothofagus</i> en la zona andina) <b>*PRESENCIA DE ARBUSTOS:</b> <i>Empetrum</i> , <i>Acaena</i> , <i>Asteraceae</i> subf. <i>Asteroideae</i> , etc. (ca 10.600 y 9.600 AP).	Aumento de la temperatura Aumento de la precipitaciones (ca 10.600 y 9.600 AP). Mayor disponibilidad de humedad que en la actualidad o condiciones más húmedas.	
10.000	<b>*EN AREA de CCP7 dominio de gramíneas.</b> <b>*EN AREA del Lago San Martín,</b> dominio de estepa gramínea (entre 9.500 y 8.000 años AP)		
Bibliografía	(Mancini, 1997, 1998, 2002, 2007, 2009; Bamonet y Mancini, 2009, 2011; De porras et al , 2009; Velázquez et al , 2010)		Stine y Stine, 1990

Tabla 8: Evolución paleoclimática del área del sitio Cerro Casa de Piedra 7

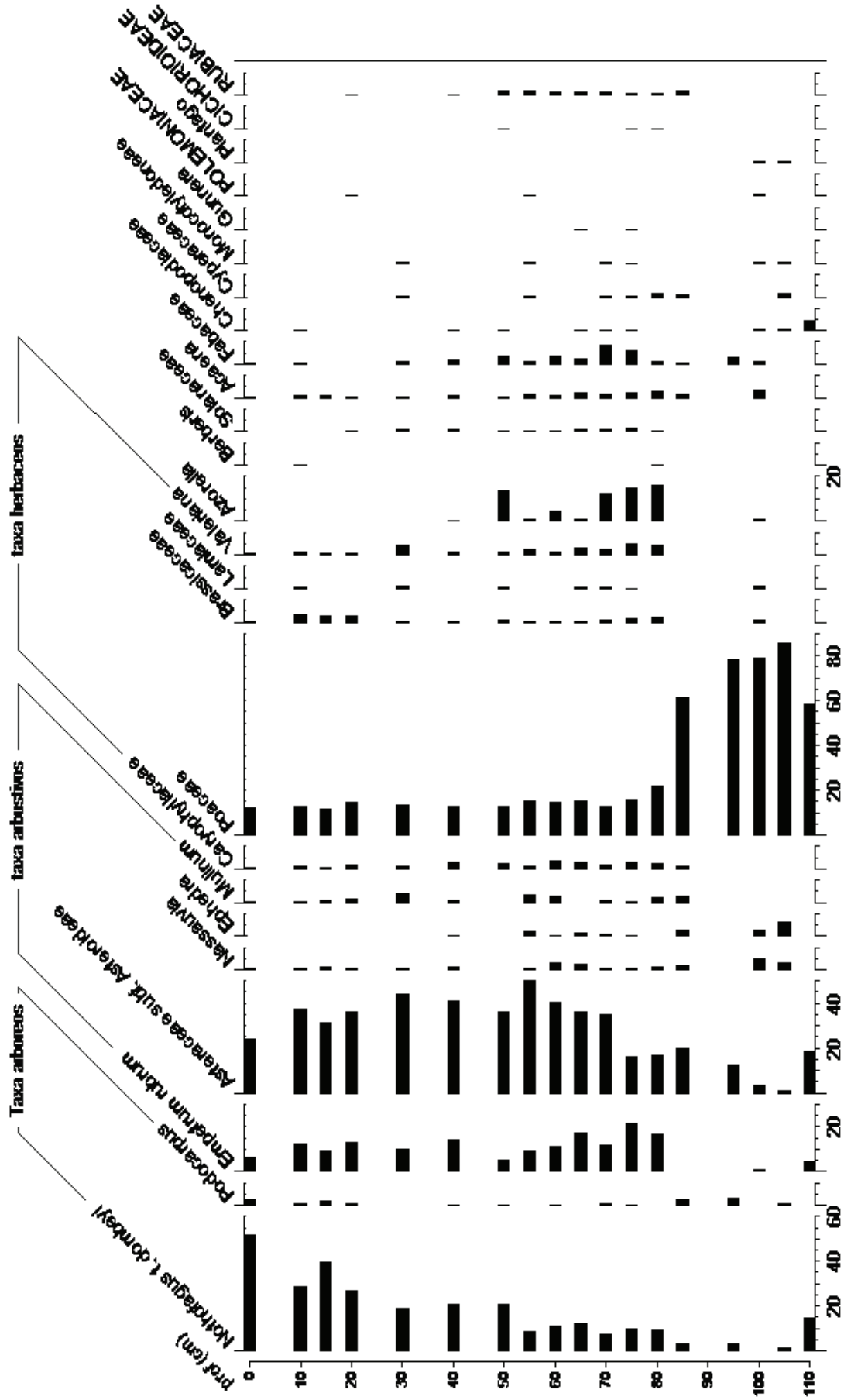


Figura 27: Diagrama polínico del sitio CCP7 (extraído de Mancini, 2007)

### 4.3 PARALELO 52° (campo volcánico)

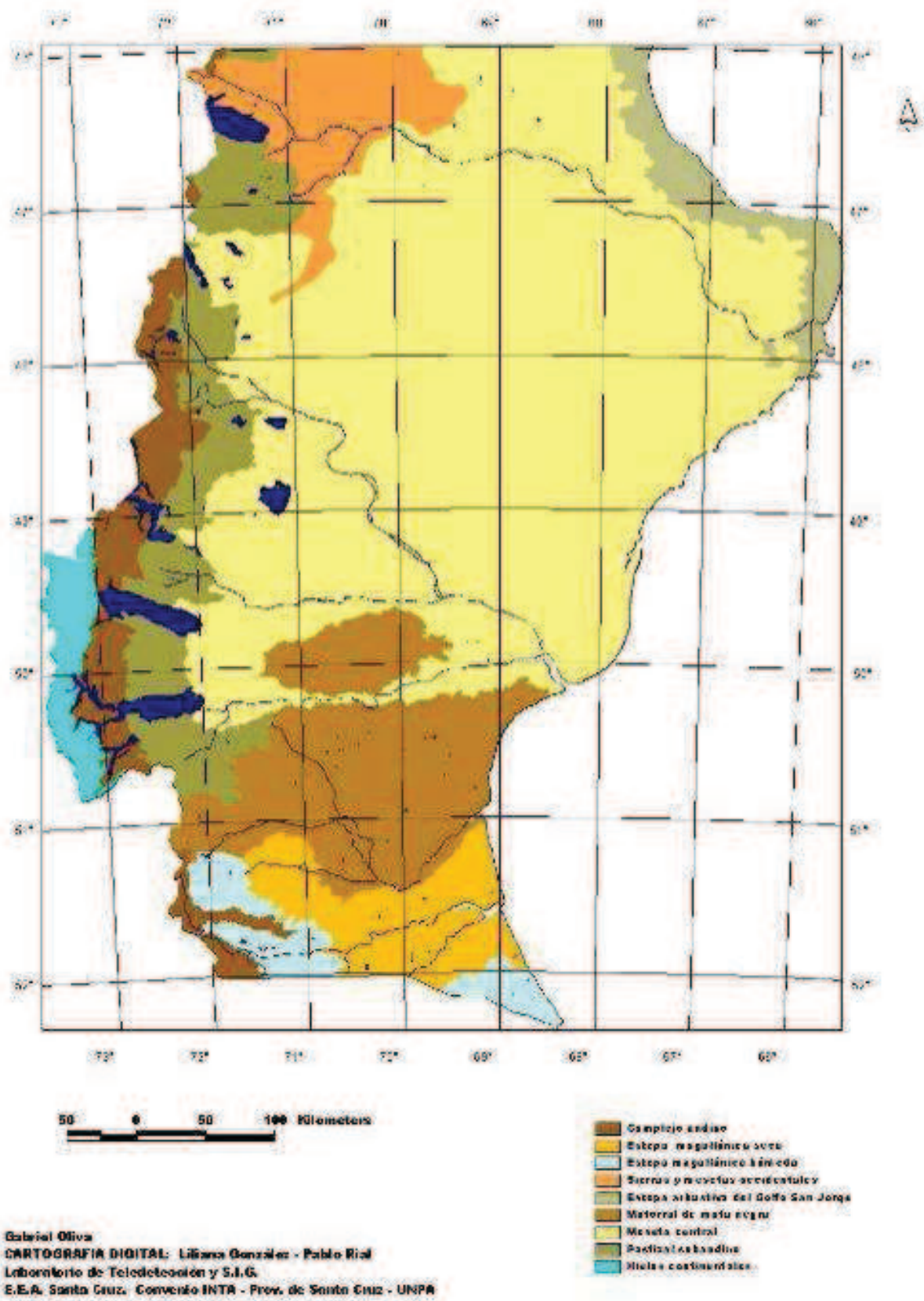
Como caso de estudio para esta latitud del sur de Patagonia se analizó el sitio arqueológico Orejas de Burro 1, localizado en una cueva ubicada en el interior de un cono volcánico correspondiente al sector argentino del “Campo Volcánico Pali Aike” ( en adelante CVPA), a 17 Km del Estrecho de Magallanes. El CVPA ocupa un área aproximada de 4500 km<sup>2</sup> ubicada entre 50° y 52° de latitud S y 69° y 71° de longitud O y abarca un espacio actualmente comprendido en los territorios de Chile y Argentina.

Entre los paralelos 52°S y 54°S, que abarcan el sur de la provincia de Santa Cruz y el norte de Tierra del Fuego, se extiende el Distrito Magallánico correspondiente a la unidad fisonómica-florística Provincia Fitogeográfica Patagónica. En base a su vegetación este distrito puede ser clasificado en dos tipos de comunidades: Estepa Magallánica Seca y Estepa Magallánica Húmeda (Cabrera, 1976; León *et al.*, 1998; Kofalt *et al.*, 2000; Oliva *et al.*, 2001).

La Estepa Magallánica Húmeda, asociada con valores de precipitación entre 300 y 450 mm, se localiza en los extremos sudoeste y sudeste de la provincia de Sta. Cruz (zona en que se encuentra el sitio Orejas de Burro 1) –ver mapa 4- y también en el norte de Tierra del Fuego.

Este tipo de estepa se desarrolla sobre terrazas de origen glacial, planicies glacifluviales y morenas (que constituyen sedimentos cuaternarios). El ambiente es subhúmedo y el clima tiene características oceánicas, debido a que la porción austral de la Cordillera de los Andes es más baja y permite la entrada de los vientos húmedos del Pacífico. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 6,5 y 5,5°C (León *et al.*, 1998; Oliva *et al.*, 2001; Oliva *et al.*, 2004).

Es una estepa de gramíneas donde *Festuca gracillima* (coirón fueguino) es la especie dominante. Entre los arbustos se encuentran *Chilliotrichum diffusum*, *Berberis buxifolia* (calafate), *Berberis empetrifolia* (calafatillo), *Lepidophyllum cupressiforme* (mata verde), *Nardophyllum bryoides* (nardofilum), entre otros. Las especies subarborescentes están representadas por *Empetrum rubrum*, *Nassauvia fuegiana*, *Nassauvia abbreviata* – *Nausauvia*, -, *Perezia recurvata* (margarita azul), *Senecio candidans* (oreja de cordero), *Azorella fuegianum*, *Azorella monanthos* (mogote), etc. (Cabrera, 1976; León *et al.*, 1998; Kofalt *et al.*, 2000; Oliva *et al.*, 2001).



Mapa 4: Mapa de las Áreas ecológicas de la prov. de Santa Cruz (extraído de González et al., 2004)

### 4.3.1 Evolución histórica del paisaje y la vegetación

Las características de la vegetación patagónica, de la misma manera que en zona de estudio correspondiente al paralelo 51°, han sido estudiadas mediante el análisis polínico en gradientes climáticos actuales. Para ello se recurrió a datos provenientes de secuencias polínicas realizadas en la Laguna Potrok Aike -51° 58'S y 70° 23'O- y estudios palinológicos llevados a cabo en la Cuevas Las Buitreras -51 07'S y 70" 16'O- y Cueva Fell -52°4'S y 69°7'30"O- (Markgraf, 1988, 1993; Prieto *et al.*, 1998; Zolitschka *et al.*, 2004; Haberzettl *et al.*, 2005; Zolitschka *et al.*, 2006).

La Laguna Potrok Aike se ubica en el sector central del Campo Volcánico Pali Aike, aproximadamente a 67 km del Estrecho de Magallanes y a 90 km al este del límite actual del bosque andino. Estudios geológicos evidencian que la laguna se ubica en un maar de origen freato magmático formado hace 770.000 años sobre un sustrato de depósito fluvio-glaciales, constituyendo un registro único para la mayor de las latitudes medias del hemisferio sur ya que cubre de modo relativamente continuo y con alta resolución todo el Holoceno (Haberzettl *et al.*, 2005; Zolitschka *et al.*, 2006:307).

Las columnas sedimentarias realizadas en la Laguna Potrok Aike y los estudios palinológicos de la Cuevas Las Buitreras y Fell serán los indicadores utilizados para la reconstrucción de la historia paleoclimática del Campo Volcánico Pali Aike (Markgraf, 1988, 1993; Prieto *et al.*, 1998; Zolitschka *et al.*, 2004; Haberzettl *et al.*, 2005; Zolitschka *et al.*, 2006). Los indicadores antes citados conforman las principales tendencias paleoclimáticas, no obstante es preciso mencionar la existencia de fluctuaciones que aun se encuentran en revisión (figuras 28 y 29).

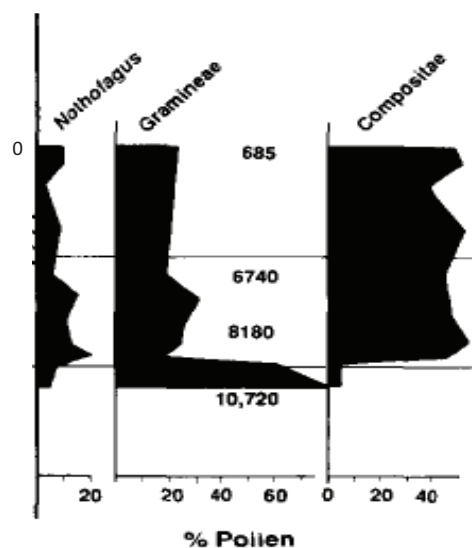


Figura 28: Diagrama de polen Cueva Fell  
(extraído y modificado de Markgraf, 1988)

Como se manifiesta en el cuadro de evolución paleoclimática –ver tabla 9-, a inicios del Holoceno el área correspondiente al Campo Volcánico Pali Aike se encontraba caracterizada por una estepa de gramíneas húmeda y fría, lo que sugiere condiciones de mayor disponibilidad de agua, asociadas a un incremento de las precipitaciones -250 mm- y bajas temperaturas (Markgraf, 1988, 1993; Prieto *et al.*, 1998).

A finales del Holoceno temprano se produce una disminución de las precipitaciones (cerca de 200 mm), acompañada de un incremento en la temperatura de verano. La estepa mélica es reemplazada por una estepa xérica. Las condiciones de estepa xérica se extendieron hacia aproximadamente 8000 años A.P cuando en el registro se evidencia un cambio a una situación caracterizada por una mayor disponibilidad de agua entre 7.600 y 4.500 AP, generándose un declive de aquellos taxones xéricos y el retorno hacia condiciones más mélicas (Markgraf, 1988; Prieto *et al.*, 1998).

Para los últimos 800 años A.P el espectro de la Cueva Las Buitreras sugiere el desarrollo de una estepa xérica, que hacia los últimos 650 años AP es análoga con el semidesierto actual. Este tipo de estepa es actualmente considerada vegetación secundaria debido al pastoreo (Boelcke *et al.*, 1985; Prieto *et al.*, 1998).

<b>CAMBIOS PALEOAMBIENTALES</b>				
<b>Cronología</b> (años AP)		<b>Clima</b>	<b>Línea de laguna Protok Aike</b>	<b>Vegetación</b>
Tardioglacial temprano	16.000 -12.800	Elevada humedad Bajas temperaturas	Nivel elevado	
Tardioglacial tardío	12.800 - 11.400	Período calido y seco	Nivel bajo	
Holoceno temprano	11.400 - 9.200	Período Húmedo Bajas temperaturas	Nivel elevado	Estepa de gramíneas mélica (alto porcentaje de <i>Poaceae</i> )
Holoceno medio temprano	9200- 7.300	Períodos de aridez Incremento temperatura de verano	Nivel bajo	Transición de una Estepa mélica a Estepa xérica (reemplazo de <i>Poaceae</i> por <i>Asteraceae</i> , <i>Nassauvia</i> y <i>Ephedra frustillata</i> )
Holoceno medio tardío	7.300 - 6.300	Elevada humedad	Nivel elevado	Estepa xérica
Bibliografía	Boelcke <i>et al.</i> , 1985; Markgraf, 1988, 1993; Prieto <i>et al.</i> , 1998; Zolitschka <i>et al.</i> , 2004; Haberzettl <i>et al.</i> , 2005; Zolitschka <i>et al.</i> , 2006			

Tabla 9: Evolución paleoclimática del Campo Volcánico Pali Aike



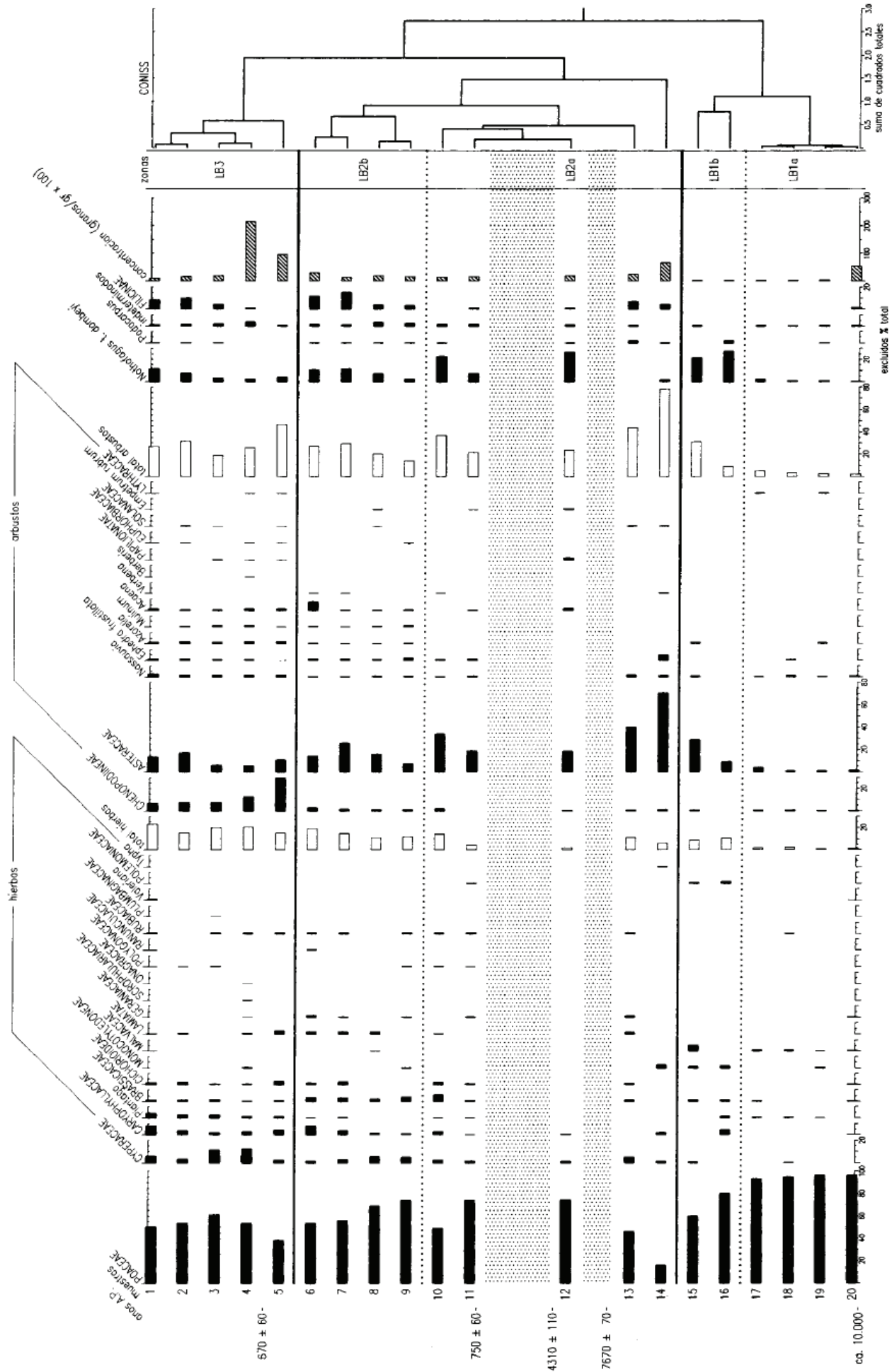


Figura 29: Diagrama polínico de la Cueva Las Buitreras en porcentaje (extraído Prieto et al., 1998)