

TESI DOCTORAL

**Quantificació de traces d'ús en
instruments lítics mitjançant
imatges digitalitzades: Resultats
d'experiments amb Xarxes Neurals
i Estadística.**

Autor:

Jordi Pijoan-López

Directors:

Joan Anton Barceló Álvarez

Assumpció Vila i Mitjà

DEPARTAMENT DE PREHISTÒRIA
Facultat de Filosofia i Lletres
Universitat Autònoma de Barcelona
2007

Agraïments

Ser agraït és de ser ben parit, però en aquest cas també cal tenir molta memòria.

Si m'he de posar a pensar les persones que han ajudat (amb poc o molt protagonisme) en l'elaboració d'aquest treball me n'he d'anar al segle passat... però intentaré cenyir-me a les seves darreries, a partir de 1998 o 99, quan més concretament s'hi va gestar l'embrió.

Malgrat que sembli protocolari, començar pels doctors que dirigeixen aquesta tesi no és una ensabonada vàcua. La Dra. Assumpció Vila i Mitjà i el Dr. Joan Anton Barceló Álvarez van idear i aconseguir el projecte d'investigació subvencionat en què es va poder desenvolupar aquesta tesi. Però com d'això ja en parlo a la introducció, ara volia centrar-me en la seva vessant més humana i propera, amb atenció quasi que personalitzada que també m'ha ajudat molt en tenir el coratge d'acabar aquest treball. Al Dr. Joan Anton Barceló se li ha d'atorgar així mateix bona part de l'autoria dels experiments amb Xarxes Neurals que s'expliciten en el capítol 5.

L'elaboració de la col·lecció experimental d'instruments lítics, a les beceroles del projecte, tingué nombrosos col·laboradors. Vull recordar especialment Fernando de la Facultat de Veterinària de la UAB, aliè a la nostra disciplina però que no per això va deixar de mostrar una gran disponibilitat en ajudar-nos a aconseguir "bestioles" per als experiments de descarni, en el quals es va embrutar les mans en nombroses ocasions. Així mateix vull recordar a la gent del Laboratori d'Arqueozoologia de la UAB, especialment a Laura Mameli i Jordi Estévez, que em van acollir a mi i a les "bestioles" durant uns quants anys. Moltes gràcies també a tots aquells que van participar en els experiments de descarni: Pachi Balaguer, Quim Oltra, Ester Verdun, Ana Piña, David Franquesa, Carmen Mensua, Paula

Paredes, Marian Couto, Sonia Marques,... i sóc conscient que m'oblido de noms. Ja en l'àmbit del llavors Laboratori d'Arqueologia de la IMF-CSIC, recordaré a Ignacio Clemente, Andrea Toselli i Pep Vigo, que grataren i tallaren amb pedres les més diverses matèries per mor de la col·lecció de referència que s'ha emprat en aquest treball.

Ignacio Clemente també va col·laborar en més parts del projecte, les quals ara no enumeraré perquè no venen al cas, però només valoraré que la seva aportació va ser de gran ajut. I com no, no em puc oblidar de la seva faceta de traductor de rus, que em va permetre de fer-me sabedor de la labor de S.A. Semenov en la quantificació, treball desconegut a tot el Món Occidental.

A Xavier Terradas, a banda d'agrair-li de formar part del tribunal d'aquesta tesi, li vull agrair el suport que m'ha donat sota diferents formes i al llarg d'aquest anys, sent company al IMF-CSIC.

A Juan José Ibáñez i a Jesús Emilio González la implicació en aquest tribunal, però no quedaré aquí. Donant-me vot de confiança i interessant-se pel meu treball, ells em van tenir al dia del seu treball en quantificació amb imatges digitals, molt abans que veiés la llum pública. També em van ajudar a l'hora de tenir una visió *out* del meu treball la lectura i més concretament Juan José Ibáñez em feu una crítica de la meva tesina que em va posar el pèls de punta.

I com a membres d'aquest tribunal, no m'oblido d'agrair a la Dra. Raquel Piqué, el Dr. Jordi Estévez, el Dr. José Ramos i el Dr. José Antonio Esquivel.

En David Travet va fer una lectura crítica de fragments d'aquesta tesi, principalment en la part que parlo dels fractals; i no podia ser d'una altra manera, li agraeixo que opinés com jo. Així mateix la bibliografia que vaig emprar per a la meva crítica als fractals me la va facilitar ell.

Malgrat que rarament ho llegirà (i menys en català), no vull oblidar-me de Shoh Yamada, que des de lluny em va fer arribar els seus treballs en traces d'ús i tesi doctoral. I també vull parlar especialment dels comentaris que em feu dels meus treballs, expressats amb una absoluta franquesa. I com no, també li vull agrair la seva eterna simpatia i amabilitat. *Ariato.*

A l'empresa Neuro Solutions, fabricant del *software* de Xarxes Neurals emprat en aquesta tesi, no sé si els he d'agrair jo a ells o ells a mi, però el cas és que si algun dia m'ho preguntessin els diria que em va fer molta il·lusió que a en Joan Anton i a mi ens donessin el premi a la millor aplicació en Xarxes Neurals. *Thank you very much.*

A Andrea Toselli li he d'agrair moltíssimes coses, principalment la paciència que em té dia rera dia des de fa set anys, però també la seva col·laboració en l'elaboració de la col·lecció experimental, la seva feina en correcció de textos, permetrem disposar de la seva col·lecció de referència,...

A la Universitat Autònoma de Barcelona li he d'agrair la concessió d'una beca predoctoral FI, sense la qual aquest treball s'hagués elaborat molt més tard, i al Vicerectorat de Recerca per la seva gestió. Però on para aquesta beca!

I els que sàpiguen entendre que entenguin i se sentin al·ludits: gràcies sobretot per les coses que no se solen declarar per no ser empalagós i cursi; a sovint són les coses que realment són més importants i més ens ajuden a sobreviure.

La Sagrera (PP.CC.), maig de 2007

0- Introducció.

Molt ha plogut des de la Revolució Russa que va assentar les bases materials –és a dir, un “Estat”– per a la credibilitat del socialisme com a opció política enfront del Liberalisme Econòmic. Una mica menys ha passat des de la “revolució de paper” de la *New Archaeology*, que va sotragar els principis de l’arqueologia tradicional. Feble era l’Imperi Rus, gegant amb peus de fang que no va poder suportar una simple revolta en la segona ciutat del seu país –malgrat que primer port i capital industrial– i més feble encara era l’arqueologia tradicional, que no va poder fer front a una colla de nois emprenedors que volien fer coses i que parlaven la llengua d’arrel germànica amb què es composaven les propagandístiques cançons de rock¹.

M’encomano ara a aquests dos moments històrics –general i de la disciplina arqueològica– perquè sense ells les anàlisis de les traces d’ús o no serien o serien d’una altra manera. La Revolució Russa significà la instauració d’un sistema de pensament que donava preeminència a l’enteniment del món des d’un punt de vista ateu i científista –valga dir que pels comunistes mateix entès com “ateu *ergo* científista”–. A la URSS es creà a partir dels esdeveniments de 1917 una classe de burocientífics que si ve no eren premiats amb retribucions milionàries, sí que gaudien d’un prestigi reconegut². És en aquest context que neixen les anàlisis de traces d’ús, en la figura de l’insigne **Dr. Sergei Aristarkavitx Semenov**. D’ell en parlaré abastament en el **subcapítol 1·1·1**, dient tot el que considero que s’ha de dir i evitant de menysprear la seva aportació impagable pel fet d’haver estat forjada en el bressol d’un estat marxista, recurs aquest intel·lectualment vacu

¹ Potser la lectura certa que s’ha de fer del conflicte entre la *New Archaeology* anglòfona contra l’arqueologia tradicional d’arrel francòfona és un episodi més del “xoc de civilitzacions” EUA vs. França, o si més un s’ho estima entre les restes de l’Imperi Romà (Europa Occidental liderada per França i, avui per avui, Alemanya Reunificada) i el Bloc Normand (conformat per EUA-Regne Unit i algun que altre despistat i ingènuament oportunista que s’hi afegeix). En el *match* porta avantatge la Coalició (anglosaxona), però en la vessant cultural i científica la seva victòria és flagrant des de fa decennis. El cas és que ja fa trenta anys que els nens a les escoles van deixar d’aprendre francès en favor de l’anglès i de la cançó francesa, avui per avui, només se’n recorden quatre avis o postulants a ser-ho com l’escrivent d’aquestes línies.

² Cal parar esment que l’àmbit de “creació” científic a nivell teòric no era gaire obert: les directrius teòriques per les quals es regien eren estrictament marcades dintre de la concepció materialista –qui vulgui filar prim distingirà entre materialisme històric i dialèctic; però jo considero que tant hi fa que hi fa el mateix–. Tots sabem però que si hom s’obceca en dir quelcom, qualsevol de les teories existents és un bon conjunt semàntic. Així i en conseqüència, dintre de l’Acadèmia russa es van fer aportacions ben dispars i enfrontades entre els seus membres, fet que reconeixen fins i tot els detractors del sistema soviètic (KLEIN 1993). Les ganivetades dialèctiques entre els membres de l’Acadèmia anaven a l’ordre del dia al més pur estil del liberalisme econòmic.

i hipòcrita al qual recorren mòrbidament i reiterada els científics del món occidental, principalment estatunidencs i símils.

Sota aquesta pensada, enllaço amb la *New Archaeology*, que en gran mesura descobreix el que altres havien fet per a l'Arqueologia 30 ó 50 anys abans, però afegint-li l'esnobisme ignorant i petulant que permet ser fill d'un imperi³. Així es pensen que el fundador de les anàlisis de traces d'ús és en **L.H. Keeley**, de qui en el seu favor s'ha de dir que sempre va atorgar la corona de llorer a la figura de S.A. Semenov. Malgrat la crítica, se'ls ha de reconèixer que per a l'arqueologia del món occidental no són una refundació; són veritablement una Fundació amb majúscula d'una comprensió de l'Arqueologia des d'una vessant científica. Parlaré d'ells en el **subcapítol 1·1·2**.

Amb el temps també s'ha demostrat que la solidesa material de l'URSS i de la *New Archaeology* era minsa, potser precisament perquè s'havien imposat a models decadents que de per si ja estaven patint els seus darrers espasmes de vida. Ja fa vint anys que l'URSS, sense que ningú li ho demanés, va declarar suspensió de les seves activitats i se la van repartir una altra fornada de nois emprenedors que va autogenerar el propi sistema soviètic. I a la *New Archaeology*, avui per avui, pràcticament ningú apel·la, però és que els qui ho havien de fer van renegar d'ella –com en els cas dels buròcrates soviètics de l'URSS– a mesura que perdien vigor juvenil i s'anaven integrant en l'Acadèmia.

Amb tot, encara els hi ha que mantenim la sana obsessió de concebre l'Arqueologia com una ciència, però per les circumstàncies exposades la feina és poc agraïda. Potser dedicar-se a les anàlisis de traces d'ús ens hi obliga en principi, doncs seguint la mateixa veta oberta per S.A. Semenov, cal parar esment que bona part dels qui s'hi han dedicat han “intentat” ser “científics” –remarcant les cometes del participi i el substantiu– amb més o menys èxit. Entesa com a ciència auxiliar o potser pel simplisme de que treballem amb microscopi i som analítics, els traceòlegs ja ens hem cregut “científics”. Per “ciència infusa” serà, doncs ben mirat i tot d'un plegat la nostra metodologia final deixa molt que desitjar. En parlo de tota aquesta problemàtica al **subcapítol 1·1·3**, des del qual havia d'enllaçar quasi que obligatòriament amb el tema de la quantificació en traces

³ En moltes coses en M. Gándara ja els va veure el llautó (GÁNDARA 1982). Els “nous arqueòlegs” en gran mesura descobriren el pa de pessic, però val a dir que el xivarri que varen muntar en l'exposició de les seves teories els feu molt bona propaganda arreu, per a finalment passats 30 anys adonar-nos que tot va ser en gran mesura un foc d'encenalls efímer. ¿O va ser, encara pitjor, el xiscle ploramiques d'uns nens frisosos per entrar a l'Acadèmia? Que molts dels “nous arqueòlegs” amb el temps hagin caigut en l'abraçada de l'ós relativista, simbolista, postmodern,... com li vulgueu dir, i hagin renegat de defensar l'Arqueologia com a ciència fa pensar el pitjor per estones o, almenys, en alguns casos.

d'ús, de la qual en faig un repàs al **subcapítol 1·2**, per a concloure tot seguit la meua reflexió i plantejament d'objectius al **subcapítol 1·3**.

Partint de les reflexions exposades, és obvi que hom es posa de peus a la galleda: si hom ha criticat tant els altres, ara cal que ho faci ell bé... o si més no ho intenti en la mesura de les seves possibilitats i les de l'**objecte d'estudi**. Començant per aquest darrer element, em vaig veure empès a engegar una reflexió profunda. Parlar en el **subcapítol 2·1 sobre el procés de formació de l'anomenat "micropolit"** se m'antullava necessari, malgrat que el lector casual del text considerés que "per a una tesi tecnicista com aquesta"⁴ no venia al cas. L'enteniment de les traces d'ús com a fenomen, fruit d'un procés dinàmic, explica en gran mesura la conformació que nosaltres posteriorment hi podem certificar i que ens dona tants maldecaps en el procés d'observació. Vaig considerar necessari, seguint aquesta veta, desenvolupar una reflexió teòrica per adoptar una postura personal al respecte de la **Teoria de l'Observació**, que tot plegat explico en el **subcapítol 2·2**.

Com ja he esmentat anteriorment, l'altre pilar en què es basa el mètode general de les anàlisis de traces d'ús és l'**Experimentació**. Ve de lluny, però precisament se n'han dit tantes coses que la definició final que podem copsar del marasme general és confusa. En el **subcapítol 2·3** miro precisament de centrar el tema –o autocentrar-me sobre el tema com he fet amb la Teoria de l'Observació–, en gran mesura tornant als orígens del mètode científic i reflexionant sobre l'aplicació del mètode experimental en les CC.SS. . Acabo el capítol amb el **subcapítol 2·4**, on indico **els punts d'encontre entre la Intel·ligència Artificial i l'Experimentació generalment entesa**.

Després d'instaurar aquests fermes ciments teòrics en els capítols 1 i 2, passem al **capítol 3**, on especifico el mètode de treball concret que empraré en el procés de presa de dades i la seva posterior anàlisi. No puc abandonar de tornar a la teoria, però ja de darrer ordre, en el **subcapítol 3·2·1·1** –sobre l'**instrument d'observació**– i en el **subcapítol 3·2·2** –sobre els **conceptes de textura i téxel**, afegint-hi algunes coses que cal saber sobre la **imatge digital**–. Arribats al **subcapítol 3·2·3** entendrem en tota la seva amplitud la conceptualització que proposo en el **subcapítol 2·1·4** per a entendre el "**micropolit**" com a "**alteració**"; és a dir, com a canvi d'estat d'un cos en dos moments temporals, anterior i posterior, com a resultat de l'aplicació d'energia en un procés dinàmic, entenent-se ara l'alteració com a diferenciació + / – entre dades recollides. Finalment, acabo amb el **subcapítol 3·2·4** presentant les **bases de dades** amb què treballaré en els capítols 4 i 5.

⁴ Entre cometes, perquè expresso la pensada general del lector i no pas la meua; sota cap concepte considero aquesta tesi meua una oda a la tecnologia industrial.

No ha estat un caprici ni un exercici d'erudició el treballar les bases de dades sota l'**Estadística –capítol 4–**, aplicant un ampli ventall de tests segons s'hi escaigués, i sota les **Xarxes Neurals –capítol 5–**, duent a terme diversos experiments amb diferents “arquitectures”⁵. Els resultats que obtenim de l'Estadística per una banda i de les Xarxes Neurals per l'altra són de caràcter ben diferent i comparables; de fet, els resultats estadístics ens ajuden a interpretar d'una forma més transparent els obtinguts amb les Xarxes Neurals. Materialitzo aquest exercici de síntesi en el **subcapítol 6.1**, com a **conclusions sobre els resultats**. Deixo el **subcapítol 6.2** com a de **conclusions de caràcter més general sobre les implicacions dels resultats en el tema “traces d'ús”**, com a tècnica, com a fenomen òntic, com a objecte gnoseològic,... obrint –com quasi sempre es fa en les tesis doctorals– perspectives de futur.

Sé que el lector que, per obligació o per accident, topi amb aquesta tesi adoptarà la postura d'interpretar-la com un treball d'aplicacions tècniques a l'Arqueologia. Acostumats a fer dicotomies –a sovint vàcues– en el món de l'Acadèmia, entenem que una tesi és teòrica o bé una aplicació, com si es tractés de temàtiques antitètiques. Potser perquè la majoria de teòrics avorreixen la Tècnica i la majoria de tècnics avorreixen la Teoria s'ha arribat a aquest atzucac absurd que tant mal fa l'Arqueologia i a la Ciència en general. Els teòrics a sovint consideren que els tècnics són simples extensions de “la Màquina” obligats a aplicar les seves brillants reflexions sobre la Realitat⁶ i els tècnics veuen als teòrics com uns xarlatans fora de la Realitat⁷ que volen encomanar-los, a ells els tècnics, la “feina de debò”. Ni una cosa ni l'altra. Entomar una tècnica sense haver fet prèviament una reflexió teòrica sobre l'objecte d'estudi –o observació segons sigui el cas o moment– és una feina abocada al summe fracàs intel·lectual. La tecnologia ha de ser un mitjà per millorar el nostre coneixement del món, però el cervell mitjançant el qual es guien els instruments de què la tecnologia ens nodreix sempre serà humà.

Més enllà d'això, la crítica a la visió tecnocràtica de les anàlisis de traces d'ús la baso en el seu fracàs per respondre amb pertinència als propis objectius que es va plantejar d'assolir. La preocupació per la tècnica i la metodologia va ser necessària al

⁵ Concepte aquest que res té a veure amb l'insigne Calatrava i que precisament s'entendrà en el mateix capítol 5.

⁶ Massa a sovint inútils reflexions.

⁷ Mentre ell, com a tècnic, toca de peus a terra a tothora.

seu moment per establir uns principis mínims als quals recórrer, però fins i tot en aquests principis mínims va acabar havent-hi un nivell tal d'ambigüitat que desembocà en una manca de mètode unificat. Ni tan sols en el procediment experimental –pilar de les anàlisis de traces d'ús– queda clar l'/els esquema/es òptim/s a seguir, per no dir res del criteris d'observació i d'interpretació.

Altre problema fou, i és encara, que la formació absolutament especialitzada en Arqueologia ha comportat una manca de recursos pertinents als quals recórrer per plantejar els problemes implicats en les anàlisis de traces d'ús. Per exemple, no podem parlar d'observació si no sabem els principis sota els quals els mecanismes visuals humans operen, i per a això hem de manegar llibres de biologia i psicologia. Reflexionant per aquesta línia ens adonem que la visió no és només un fenomen ocular, sinó que cerebral, que no és una qüestió que estigui sota paràmetres de “sentit comú”, sinó que és una experiència extremadament subjectiva. Així mateix, albirem en què es basa aquesta subjectivitat. Nogensmenys, la resposta més normal a la qüestió és un “ja ho sabia!”, resposta absurda quan després no s'actuarà en conseqüència en els articles que s'escriuran i es continuarà recorrent al subjectivisme més interioritzat com a mètode de descripció d'allò que “es veu”. Sota aquesta perspectiva subjectivista s'han plantejat debats bizantins, en els quals no s'ha arribat a cap conclusió gràcies a què tothom parlava de coses diferents emprant les mateixes paraules.

Amb tot, de forma indiscutible adjudico a la metodologia d'anàlisi de traces d'ús la categoria d'únic mètode correcte per poder fer inferències sobre l'ús, l'únic que pot donar les respostes que si bé no són les òptimes per a les expectatives de segons qui, sí que són les millors a les que podem optar. Per altra banda, però, les anàlisis de traces d'ús *per se* són absurdes si no opten a l'anàlisi funcional dels instruments, cara a aportar respostes de caire social respecte a la producció; però reconeguem que això per a aquesta tesi són figures d'un altre paner.

Tot plegat, és aquesta reflexió, a grans trets, la que va justificar que l'escriptent d'aquestes línies es decidís allà pels volts de 1996 de tirar endavant un projecte d'investigació que es preocupés per la quantificació en anàlisis de traces d'ús. Suposo que la manera d'entendre el lític del llavors Laboratori d'Arqueologia⁸ de la Institució Milà i Fontanals (CSIC – Catalunya), dirigit per la Dra. A. Vila i Mitjà i en el qual estava integrat des del 1992, va influir abastament en què pel meu compte assumís

⁸ Actualment, Laboratori de Tecnologia Prehistòrica, seguint la perspectiva conceptual de S.A. Semenov.

aquesta preocupació. La pròpia Dra. A. Vila, pels volts d'aquells anys en què jo m'integro a l'esmentat laboratori, va publicar un treball sobre quantificació de traces d'ús mitjançant imatges digitalitzades (VILA, GALLART 1991, 1993), treball el qual ha estat un excel·lent punt de partida per al present que el lector té a les seves mans.

Un cop plantada la llavor, necessari fou regar-la, i l'aigua de maig va arribar al 1997 amb l'atorgament al Laboratori d'Arqueologia del projecte "*Aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial a la optimización de la determinación del uso en instrumentos líticos arqueológicos*" (PB97-1611) dirigit i coordinat entre el mateix laboratori i Departament d'Antropologia Social i Prehistòria de la Universitat Autònoma de Barcelona, en la figura del Dr. Joan Anton Barceló Álvarez. Com bé indica el títol del projecte, aquest estava dirigit directament a intentar de trobar un bon sistema computeritzat per a la quantificació de les traces d'ús.

Ja per una banda més personal, a inicis de l'any 1999 em va ser atorgada una beca FI per part del Vicerectorat de Recerca i Investigació (actual OITT; Oficina d'Investigació i Transferència de Tecnologia) de la Universitat Autònoma de Barcelona, subvenció condicionada al marc del projecte d'investigació esmentat en l'anterior paràgraf i que em va permetre de dedicar-m'hi amb exclusivitat fins darreries del 2002.

Cobertes les necessitats materials perquè aquest treball reeixís, va tocar que m'arremangués en disciplines de les quals era un absolut profà: Imatges Digitalitzades i Intel·ligència Artificial.

Moure'm en el món de les tècniques de digitalització d'imatges i Intel·ligència Artificial em va resultar extremadament complicat, fins arribar en alguns moments a ser desencoratjador. La causa no fou només la meva ignorància de partida (que també!), sinó que el principal problema radicava en la manca de referents teòrics unívocs o unificats que em servissin de guia. Trobar el meu punt mig fou una tasca àrdua. Potser obsessionat pel defecte humanístic de plantejar primerament les bases teòriques d'on partir, hom no sap on elegir, doncs de fet no té els recursos formatius per optar amb criteri, però és que de fet, com ja he apuntat, el criteri no existeix.

Això no ens ha de resultar estrany en la majoria de tècniques o tecnologies que basen els seus èxits –tant personals com disciplinaris– amb l'aplicació i no en la teorització, com és el cas de les tècniques de computació. Fins i tot, en les tècniques de digitalització d'imatges sembla que la teoria de base els hi senti malament o no els hi importi, deixant a cada tecnòleg la llibertat per definir tota aquesta palla necessària per

fer bonic que és la teoria en els seus llibres, els quals majorment llueixen per la matemàtica i la computerització.

Amb tot, l'adopció d'un punt teòric personal fou possible gràcies un ingent procés de síntesi entre diverses lectures, més o menys seleccionades amb molta cautela, i l'ajut inestimable d'especialistes⁹ i el Dr. Joan Anton Barceló.

En un principi, per a formar-me en les bases de la Intel·ligència Artificial –cara a la realització del Treball d'Investigació de 3^{er} Cicle al setembre de 2000– vaig recórrer a *Fundamentos de Inteligencia Artificial* (ÁLVAREZ 1994), *Redes Neuronales Artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones* (HILERA, MARTINEZ 1995), *Nuevas tendencias en Inteligencia Artificial* (VV.AA. 1992) i *Inteligencia Artificial* (VV.AA. 1994). Posteriorment, vaig enriquir el meu nivell de coneixement amb diversos llibres de temàtica general sobre el tema i sota l'inequívoc títol “Intel·ligència Artificial” (RICH, KNIGHT 1994; WINSTON 1994; RUSSELL, NORVIG 1996; NILSON 2000). Algunes d'aquestes obres no tenen cites concretes en el text, doncs em van servir a títol formatiu propi i com a element de contrastació, en creuar els continguts de les diverses obres, sempre mirant d'aprehendre una visió sobre la Intel·ligència Artificial gens unilineal.

Amb les tècniques de digitalització voldria apuntar que el treball d'apropament fou més agraït, doncs existeixen obres dirigides a públic usuari d'ordinadors que estan escrites en un llenguatge més comprensible per al profà –cosa que talment no succeeix amb la bibliografia sobre Intel·ligència Artificial, que requereix un nivell de formació més alt de partida–. L'obra bàsica de la qual vaig partir fou *Tratamiento digital de imágenes* d'A. Domingo Ajenjo (DOMINGO 1993), inclosa dintre d'un col·lecció de manuals monogràfics i didàctics d'Anaya. Familiaritzat amb el llenguatge, vaig abordar en profunditat les tècniques de digitalització d'imatges amb *Image processing, analysis and machine vision*, signat per tres especialistes sobre el tema (SONKA et al. 1994), *Pattern Recognition and Image Analysis* (GOSE et al. 1996) i el manual signat per autors varis – però coordinat per C.T. Leondes– *Image Processing and Pattern Recognition* (VV.AA. 1998); totes tres obres són d'alt nivell i he recorregut contínuament a elles en el text. Altres dues obres a les quals no puc deixar de fer referència són *Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia* (FAÚNDEZ 2000), que em permeté veure la vessant més comercial –i potser “realista”– del que pretenen des de la disciplina de la digitalització

⁹ La participació en el seminari d'Intel·ligència Artificial impartit al Museu de la Ciència de Barcelona – Fundació la Caixa a maig de 2001 em va obrir el ulls enormement al respecte. Hi ha un abans i un després en la meva formació i perspectiva sobre el tema des d'aquella data.

d'informació, i *Representación de imágenes digitales basada en patrones visuales. Modelos computacionales y aplicaciones* (RODRÍGUEZ et al. 2000), que m'obrí els ulls sobre la complexitat matemàtica de fons en aquestes tècniques que semblen tan senzilles.

Al llarg d'aquests anys, també he llegit nombroses obres sobre aplicacions de tècniques de digitalització d'imatges en Arqueologia (per ex. FUJITA et al. 1996), però que en no ser utilitzades sota cap sentit en aquest present treball no he citat, fugint de fer un exercici vacu d'erudició contra el lector, doncs només faria que complicar la lectura. Sí que comento abastament els antecedents de quantificació en anàlisis de traces d'ús (veure subcapítol 1·2), però més a mode de repàs que altra cosa, doncs majorment aquestes obres no m'han inspirat gaire en l'elaboració del disseny del protocol per a la quantificació proposat en el present treball (veure capítols 3, 4 i 5).

No puc dir el mateix dels treballs del Dr. Joan Anton Barceló, els quals m'han ajudat enormement en la meua formació, com així mateix en l'elaboració d'aquest present treball (BARCELÓ 1995a, 1995b, 1996a), amb especial èmfasi per a l'obra *Arqueologia Automática. El uso de la Inteligencia Artificial en Arqueología* (BARCELÓ 1996b).

Ja per acabar, només voldria fer uns aclariment a mode de guia de lectura del present treball. Consta de tres elements: *1^{er}*) El volum I, que inclou el gruix del text en si, amb taules inserides quan s'hi escau per facilitar la lectura; *2^{on}*) el volum II, amb tota la bateria de gràfics relacionats amb estadístiques, principalment comentades en el capítol 4, però que no he inserit en el text del volum I per l'alt volum de material de què consta i que estaria tallant el text moment rera moment; i *3^{er}*) un CD-rom addicional amb materials diversos, no impresos en ser d'una extensió feixuga, o bé per estar en formats que dificultaven la seva posta en paper. El programes necessaris per poder llegir els materials del CD-rom són el paquet Microsoft Office i SPSS.

És recomanable llavors, sinó imprescindible, llegir el volum I amb el volum II preparat al costat, sobretot en arribar al capítol 4; la preparació en dos volums està pensada precisament per facilitar aquest *modus operandi*. Ja el més sofisticat pot tenir l'ordinador engegat amb el CD-rom prest per a la consulta.

Respecte a les referències de taules-figures-gràfics en el text, quan comencen per un número és que referencien a un d'aquests elements inserits en el volum I, entre el text mateix; el primer número fa referència al capítol i el segon al número d'ordre dintre del capítol. Quan les referències de taules-figures-gràfics comencen per la lletra A, hem de

recórrer al volum II i amb els números subsegüents a la lletra trobar el gràfic concret. Quan les referències comencen per la lletra B, hem de recórrer al CD-rom adjunt i amb els números subsegüents a la lletra trobar l'arxiu concret. El signe * –asterisc– en una referència dintre del text significa que ateny a una sèrie, sempre entenent-se de quina o què es tracta en relació a les lletres i números que acompanyen al signe mateix.

1- Sobre el matrimoni traces d'ús amb la quantificació: Un divorci abans de les noces.

1.1 Metodologia de l'anàlisi de traces d'ús en instruments lítics arqueològics: Més enllà de la forma dels objectes lítics arqueològics? Revisió historiogràfica.

1.1.1 Reflexions sobre els inicis de la tècnica. Sota la Bandera Roja.

La metodologia de l'anàlisi de traces d'ús en instruments lítics arqueològics va sorgir en el marc teòric del materialisme històric de la Unió Soviètica, fet que paga la pena recordar i remarcar donat que això ens permet entendre la concepció de l'objecte lític arqueològic com a instrument de treball. En la figura de S.A. Semenov es va personificar l'especificació primera de la tècnica tal com, més o menys, avui en dia la concebem. Val a dir que prèviament hi havia hagut atansaments previs, en la línia de voler determinar la funcionalitat dels instrumentals prehistòrics; Nilsson (1838), Rau (1864) i J. Evans (1872) al segle XIX i Pfeiffer (1912) i Quente (1914) ja al XX¹⁰. Aquests investigadors ja apunten que cal preocupar-se del fenomen de les traces d'ús. Serà però S.A. Semenov qui donarà un pas decisiu amb l'elaboració d'una metodologia veritablement científica per a l'estudi de les traces d'ús, a més de donar ja respostes concretes a aquesta problemàtica.

Els estudis de traces d'ús naixen de la preocupació per definir el desenvolupament de la producció social a partir de la dada base que, òbviament i sense lloc a la confusió, són les eines lítiques. Definint la funció de totes i cadascuna d'elles en el registre arqueològic tenim gran part de la feina feta en la definició del desenvolupament del procés de producció, referint-nos sempre a la societat implicada en el cas arqueològic en estudi. Aquest procés de producció és definit a partir d'una inferència indirecta; els senyals estrictament físics que cobreixen la superfície de l'instrument lític, no corresponents a l'estructura de la superfície natural que tenim en quan extraïem l'esclat –útil– del nucli mare, ens “parlen” d'un procés d'alteració que pot estar relacionat amb l'aplicació d'energia desplegada durant el procés de treball. Com es pot sobreentendre, per poder assumir aquesta perspectiva del procés de treball cal que partim d'un marc teòric previ que

¹⁰ Reconeixent no haver fet una lectura directa d'aquests autors, trec la referència als seus treballs del pròleg del “*Tecnología Prehistórica*” de S.A. Semenov en la seva edició castellana, la qual és signada per la Dra. Assumpció Vila i Mitjà (SEMENOV 1981: I).

ens condicioni a percebre-la, més enllà de la seva dimensió social, com un procés dinàmic de naturalesa totalment mecànica o física. Això que pot semblar obvi ara com ara, només pot ser concebut dintre d'un marc teòric materialista com és el materialisme marxista, on la dinàmica social es pot entendre com un fenomen dintre de la naturalesa, dintre de la dinàmica de l'existència global i no fora d'ella, no tenint a fi de comptes res d'especial.

Només cal citar les obres clàssiques de F. Engels "*Dialèctica de la Naturalesa*" i "*L'anti-Dühring*", on es fa palesa aquesta cosmovisió holística fins a les darreres conseqüències, descrivint un Univers on tots els seus elements es mouen sota lleis de caràcter dialèctic, tant les societats humanes, com les entitats biològiques, com els cossos,...¹¹.

Així, i entenent el treball des de la seva vessant extra-social com una activitat física simple, S.A. Semenov hipotetitza sobre la possibilitat que sobre la superfície d'una matèria lítica qualsevol quedin uns "senyals" en quan entra en fricció contra qualsevol altra matèria –lítica o no–, tant en el cas que aquesta darrera sigui d'una duresa inferior o superior. Aquest darrer aspecte va generar un problema en quant contradeia un principi que provenia de la geologia, el qual referia a que una matèria més dura –referint-se a les roques en aquest cas– podia agredir una matèria més tova, però no a la inversa. És el principi de la celebre escala de duresa relativa de Mohs. El caràcter subsidiari de l'Arqueologia, respecte a altres ciències que li presten eines de treball i teòriques per a la seva tasca, ha provocat més d'un cop situacions similars, en les quals hem d'adaptar observacions pròpies als principis acceptats en la disciplina que suposadament tracta amb més especificitat el tema de què parlem. El cas és que d'una forma o altra, el creure en aquests principis ha provocat una sèrie de problemes insalvables a l'hora de elaborar una teoria de la gènesi de l'anomenat quasi universalment per tots els especialistes "micropolit". Retornarem i entrarem en el segon capítol del present escrit sobre aquest tema.

Allò que ja resultava innegable, a partir de les inferències fetes a partir de resultats experimentals, fou l'alteració de les superfícies lítiques naturals pel contacte dinàmic amb diverses materials de contacte –matèries treballades– siguin d'una duresa major o no. Arribats fins aquí, més enllà de la possibilitat de crear un corpus explicatiu del fenomen de

¹¹ Per extensió es pot sobreentendre que per poder crear coneixement sobre aquest Univers dialèctic hem de raonar sota una lògica que s'estructuri de forma analògica, és a dir dialècticament. Val a dir que tant F. Engels com tampoc K. Marx no van desenvolupar la lògica dialèctica com a mètode fins al màxim de les seves possibilitats. Fins i tot K. Marx obvia prou aquesta labor i només F. Engels va començar a desenvolupar-la, però val a dir que deixant-la a les beceroles. Filòsofs com H. Lefebvre i E. de Gortari, ja al segle XX, han estat entre pocs altres qui han assentat les bases de la lògica dialèctica de forma més robusta (GORTARI 1965; LEFEBVRE 1969).

gènesi, teníem una eina de treball suficient per poder fer inferències sobre l'ús dels instruments prehistòrics, que si bé amb el temps transcorregut des de llavors hem anat millorant i, per tant, li hem anat trobant-li una sèrie de problemes més o menys greus, resultava un salt qualitatiu respecte a les descripcions morfològiques de conjunts lítics – dominants en els treballs de conjunts lítics de l'època.

Dèiem que S.A. Semenov va emprar l'Experimentació per poder contrastar les seves hipòtesis d'ús dels instruments lítics arqueològics. Això és cert, però més aviat hauríem de dir que S.A. Semenov va observar alteracions sobre les superfícies dels instruments lítics, va intuir que podien resultar del seu ús dintre de processos físics dinàmics definits dintre de processos de treball, de la intuïció va extreure les hipòtesis pertinents, va dissenyar així mateix els experiments pertinents per contrastar les hipòtesis i a partir dels resultats va donar explicació a les alteracions observades arqueològicament. Fins aquí l'esquema lògic de mètode científic resulta impecable, però val a dir que sobre això ha hagut un cert nivell de confusió pel que fa a l'ús del terme “Experimentació” i als dissenys de programes experimentals subsegüents. Aquesta confusió ve definida pels propis imperatius que implica la metodologia en anàlisis de traces d'ús respecte a la necessitat de crear models de referència i contrast per poder treballar eficientment i en base a quelcom. És a dir, molts cops no s'ha fet tant una experimentació cara a comprovar hipòtesis prèvies de treball –una experimentació correcta epistemològicament–, sinó que s'ha dut a terme el desenvolupament actual de processos o accions de treball plausibles d'haver-se donat en el passat, cara a obtenir col·leccions de referència de traces d'ús amb les quals poder contrastar les alteracions –en principi traces d'ús– observades sobre materials arqueològics. Aquestes contrastacions molts cops no són fetes tant sota criteris analítics de característiques presents, com a partir de simples analogies formals directes a partir d’“allò que es veu”. Aquest darrer sistema no és que no doni resultat, que l'ha donat, a l'hora de distingir formes recurrents; el problema és que no podem afirmar que es correspongui amb un disseny epistemològic i experimental netament científic.

S.A. Semenov, en la seva obra escrita més coneguda a Occident –la molt citada “*Pervobitnaya Tejnika*” (Tecnologia Prehistòrica) resum de la seva tesi doctoral–, tampoc no especificava quins devien ser els criteris d'una experimentació pertinent en anàlisis de traces d'ús. No és això una crítica al llibre en si, doncs l'objectiu d'aquest no és la de ser un manual didàctic a l'estil “*Teach yourself microwear analysis*” de R. Grace (GRACE 1988). Amb el llibre només es pretén plantejar la teoria general de les anàlisis de les traces d'ús i les seves possibilitats, com així també l'autor vol presentar els resultats dels estudis

fins al moment en la matèria. Així mateix, el llibre és pobre en donar detalls de procediment general. S.A. Semenov té com a objectiu final dibuixar un esquema del desenvolupament de l'instrumental al llarg de la Història. Se suposa que S.A. Semenov deixava la part més metodològica prèvia sense explicar perquè confiava en el sentit comú de l'investigador arqueòleg, suposant que aquest gaudia d'una formació de caràcter científic que a ell li permetia obviar explicacions en el text que serien com descobrir la recepta del pa de pessic. Això potser era molt suposar en l'àmbit de l'Arqueologia dels 50 i 60 a Occident, disciplina basada encara en la erudició i amb refluxos del col·leccionisme d'antiguitats, dominada en el camp de l'estudi dels materials lítics per les tipologies de F. Bordes i la literatura de la historicisme cultural.

Amb això no afirmo que S.A. Semenov desenvolupés uns programes experimentals brillants a l'ombra. Desconec aquest darrer aspecte, malgrat que llegint entre línies i alguna recensió sobre el seu treball experimental, com la presentada per J. Levitt (VV.AA. 1979), podríem intuir errors de concepció del tipus que més endalt apuntava, on es concep l'Experimentació com un mètode per obtenir models visuals de contrast i no tant per a contrastació d'hipòtesis. El que sí que es veu en l'obra és una concepció més analítica de les alteracions d'ús, no analògica directa a partir de la concurrència formal entre col·lecció de referència en front el conjunt arqueològic, així com també la visió dinàmica a la qual al·ludim abans respecte al procés de formació de les traces d'ús, tenint a aquestes com producte d'una alteració física del mateix tipus que la succeïda en el processos naturals.

Tot plegat, S.A. Semenov arriba a Occident tard –per qüestions geopolítiques del moment històric: Guerra Freda i demés despropòsits del moment– i sota una aurèola confusa –tant per la parcialitat en el coneixement de la seva obra i treball com per la manca de formació teòrica de l'Acadèmia d'aquí com per entendre-la i valorar-la en la seva amplitud–. La tragèdia de la ignorància a Occident fou superior en la seva “*Reserva Espiritual*” –l'Espanya “*Camisa Azul*” fins al 1975 i bastant més enllà, soviètofòbica fins la medul·la, però fins i tot ignorant del vent que bufa entre els seus veïns propers i aliats polítics–. Així el cronograma queda en que si S.A. Semenov comença a treballar als 30 del XX, “*Pervobitnaya Tejnika*” –obra que és el resum de la seva tesi doctoral– es publica en rus al 1957, en anglès al 1964 i en castellà al 1981 –fruit d'un interès particular d'un petit

grup de joves arqueòlegs i en un context en el món de l'Arqueologia de l'Estat que tampoc el demandava¹².

Llegint aquests paràgrafs precedents algú podria concloure que a l'URSS sí que es va comprendre i estendre la concepció dels conjunts lítics i el mètode d'analitzar-los de S.A. Semenov. Doncs això tampoc fou d'aquesta forma; val a dir que si bé no es pot dir que S.A. Semenov va passar sense pena ni glòria per l'Arqueologia soviètica, ni tampoc es pot dir que se'l va marginar especialment, sí que es pot afirmar sense por a l'equívoc que la seva proposta no es va generalitzar en el camp dels estudis lítics tant com hagués estat necessari i desitjable. Les raons en aquest cas no serien tant geopolítiques com geoacadèmiques –i les político-acadèmiques implicades i implicants sobre les quals no vull ni puc entrar en detalls–, amb efectes similars si més no en darrera instància en certs aspectes. Amb tot, la diferència en l'efecte és que almenys en l'àmbit soviètic la proposta de S.A. Semenov era present i exercint un influx des del seu feu de l'Institut d'Història de la Cultura Material de Leningrad, tant a nivell teòric en l'àmbit acadèmic soviètic com en el formatiu de personal d'arreu de la Unió Soviètica. Tot plegat i amb tot, menys del que hagués estat desitjable.

Una lectura superficial de *“La Arqueología Soviética”* de L.S. Klejn (KLEJN 1993) ens pot donar una visió de l'acadèmia de l'URSS com per fes paleses les afirmacions del paràgraf anterior. No és només que S.A. Semenov aparegui com un arqueòleg brillant, però no més que com qualsevol altre; és també el fet de veure com les propostes d'anàlisi dels conjunts lítics més esteses no van més enllà de metodologies similars a les emprades a Occident. Es faran tipologies a fi de comptes histórico-culturals, però ara, això sí, s'emprarà una semàntica teòrica més d'acord amb el Materialisme Històric marxista, sense adonar-se del despropòsit que suposa pretendre fer inferències sobre els conceptes implicats en tal marc teòric a partir de l'anàlisi de conjunts tipològics. Com es pot veure, no tots els arqueòlegs soviètics marxistes tenien el suficient grau de conseqüència amb la teoria de què partien, ni sabien trobar el mètode adequat per descriure les variables arqueològiques conseqüents que comportarien el crear coneixement sobre el fet social. Potser el fet que a sovint eren marxistes per obligació podia comportar problemes d'assumpció del marc teòric de forma correcta, o simplement podia ser la simple ineptitud científica la que causés tal efecte de manca d'adequació entre el mètode i

¹² Les afirmacions en aquesta enclítica, reflexionant sobre el context del moment que va acompanyar a l'edició del llibre en castellà, són fruit de la comunicació personal de la Dra. A. Vila i Mitjà, prologuista del llibre i responsable de la seva edició, en la qual va esmerçar considerables esforços perquè aquesta fos possible.

les preguntes que es volen respondre a partir del marc teòric assumit. Això no ho sabrem mai, però per altra banda manca de transcendència.

1.1.2 Reflexions sobre la continuïtat. Més enllà del la Unió Soviètica: L'expansió internacional de l'anàlisi de traces d'ús. El desenvolupament de la "tècnica".

Com apuntava anteriorment, el coneixement del mètode de S.A. Semenov més enllà de la Unió Soviètica no va comportar l'assumpció dels seus principis teòrics bàsics, ni tan sols dels epistemològics.

Per poder valorar aquesta qüestió ja en l'àmbit del mal anomenat Món Occidental cal que centrem la nostra mirada sobre la vida acadèmica de França, Anglaterra i Estats Units, eixos governants de l'Arqueologia feta en l'àmbit dels països capitalistes.

L'Acadèmia francesa estava dominada en les anàlisis de conjunts lítics arqueològics per l'enfocament tipològic, per mor de la figura de F. Bordes¹³. L'opinió d'aquest arqueòleg francès era un sedàs judicial a tenir en compte per tot especialista en anàlisi de conjunts lítics –francès o no. Deixant a banda raons extra-científiques¹⁴, el veredicta contra el mètode traceològic fou que convencé com a tècnica, però no com a proposta d'anàlisi dels conjunts lítics *per se*. Per F. Bordes, en pròpies paraules d'ell, les traces d'ús simplement aportarien una dada més a l'estudi tipològic bàsic del registre. Això podia fer pensar a F. Bordes com era de curiós que havien fet servir un gratador per tallar; continua primant –en contra de l'evidència material– la construcció ideològica de l'investigador sobre l'objecte enfront la realitat d'aquest mateix.

Més enllà de l'opinió personal de F. Bordes, el pes de la formació tipologicista molt arrelada per si mateixa s'havia de notar i impediria la divulgació de les anàlisis de traces d'ús de forma plena, fins i tot més enllà de les fronteres gal·les. És norma general en el món acadèmic i investigador que les noves tendències que arriben siguin difícils d'assumir per la generació de científics ja establerts i amb una formació ja assumida i tancada. Amb sort, només serà la generació que s'estableixi posterior a ells la que assumirà les "novetats" –que per a ells de fet no ho són, ja que en el seu procés formatiu tot els

¹³ Les tipologies mostren ser per altra banda un inútil mètode d'estudi de l'instrumental lític, inútil sempre quan pretengui ser una alternativa per dilucidar la funció de l'instrumental i coherentment –mitjançant els resultats donats– intentar dur a terme inferències de tipus social.

¹⁴ Com es pot deduir em refereixo a les raons polítiques esmentades al final del punt anterior –barrejant capitalisme amb nacionalisme–, però també a "obediències degudes" als acadèmics de formació tipologicista.

vingué de nou igualment– i les farà seves, implantant-les dintre de l’Acadèmia i l’àmbit científic que ja dirigeixen. Amb tot, acaba creant-se un retard evident. Sota aquestes condicions, als anys 80 del segle XX França entra amb plenitud en els estudis traceològics. Lectures de tesis doctorals en curt espai de temps (ANDERSON-GERFAUD 1981; MANSUR 1983; PLISSON 1985)¹⁵ i una alta producció bibliogràfica –com podem comprovar en la bibliografia general– caracteritzen la forta irrupció de França en els estudis de traces d’ús, passant a ser un referent ineludible per mèrits propis. Val a dir que els traceòlegs francesos –H. Plisson per exemple– han mantingut vincles científics i de treball amb l’escola russa hereva de S.A. Semenov més que no pas els anglosaxons, que van optar per prendre una distància dels orígens soviètics.

En l’àmbit d’influència anglòfona, les anàlisis de traces d’ús sí que van arribar més matinerament, cosa que no implica que amb fortuna¹⁶. Sí que hi ha certs nous especialistes que conceben les anàlisis de traces d’ús com una alternativa als estudis tradicionals, que prenen una personalitat pròpia a partir de l’ús d’aquesta tècnica i que la conceben amb un valor propi, malgrat que no aconsegueixin convèncer el món arqueològic en general perquè en massa assumeixi aquesta postura. Continua havent la concepció entre els arqueòlegs que les anàlisis de traces d’ús han de complementar les anàlisis tipològiques clàssiques, que no deixen terreny com a eix vertebrador de l’anàlisi global del conjunt lític.

Com abans ja esmentàvem, tot i que els autors anglòfons sempre han reconegut l’influx de S.A. Semenov, fins i tot presumint-ne, s’hi van desvincular. Així es pot afirmar que a nivell dels països de més enllà del Teló d’Acer, els autors anglòfons han estat els referents reals de la tècnica, quedant les tesis de l’autor rus prou en desús i només recordant-se sota la forma d’homenatge vacu, fenomen d’oblit que òbviament ha anat a més amb el transcurs natural del temps. Les causes d’això serien les mateixes geopolítiques que feren que el coneixement de la tècnica fos tardà i les ambigüitats de l’obra més coneguda a Occident de S.A. Semenov, “*Pervobitnaya Tejnika*”, a nivell de

¹⁵ Respecte a aquests tres autors, remarcar que malgrat haver-se format i treballat en un principi en el marc acadèmic francès, les dos primeres són de nacionalitat estatunidenca –P. Anderson– i argentina –M.E. Mansur– concretament. En el cas de M.E. Mansur és aquest fet més important donat que el desenvolupament dels seus treballs –a banda de treballar a França– ha estat sempre sobre temàtiques que incumbeixen al marc argentí; molt rellevants els referents a la Patagònia. P. Anderson, per la seva banda ha continuat vinculada al marc francès, com podem comprovar en la seva producció bibliogràfica adjunta a aquest treball.

¹⁶ En l’àmbit de la traceologia anglo-saxona, millor dit nord-americana, cal esmentar que es va celebrar el primer congrés internacional sobre la disciplina al 1977, a la Simon-Fraser University de Burnaby (British Columbia – Canadà). Les actes del congrés estan recollides en un llibre editat per B. Hayden al 1979 i que és encara avui un valuós recull d’articles sobre la matèria (VV.AA. 1979).

metodologia. L'accés a l'obra de S.A. Semenov estava restringit a molt poca gent per qüestions idiomàtiques i allò que d'ell es coneixia o bé eren refregits, o bé traduccions que només arpleguen una parcialitat de l'obra de l'autor. Tot plegat, el resultat és per una banda la manca de vot i paraula del "pare" de la tècnica sobre la seva pròpia creació i l'obligació a fer una refundació del mètode¹⁷. Així trobem com l'estadunidenc L.H. Keeley –malgrat que tampoc és netament el primer ni l'únic dins del seu àmbit geopolític que es dedica a l'anàlisi de traces d'ús (per ex. TRINGHAM et al. 1974; ODELL 1975; BROADBENT, KNUTSSON 1975; KEELEY, NEWCOMER 1977)– es converteix en el S.A. Semenov d'Occident, sent l'obra que és publicació de la seva tesi doctoral (KEELEY 1980) referent obligat en els treballs dels especialistes occidentals dels 70 i 80 del segle XX. Val a dir que la seva obra era més "bàsica" que la coneguda de S.A. Semenov, en el sentit que sí que es podia prendre com un "manual" que donava més criteris directius de principi, guiant el tema de la creació de la col·lecció experimental i metodologia subsegüent¹⁸.

En general, en l'àmbit occidental dels 60 i principalment 70 hi ha gran nombre de treballs de caire metodològic i tècnic. Vist el panorama de la tècnica en aquell moment, fou una aportació necessària i positiva per a les anàlisis de traces d'ús en general, donat que obre una reflexió epistemològica ben pertinent. Tanmateix, la definició de la virtut ens assenyala el defecte; la preocupació pels aspectes més tècnics i metodològics serà tal que s'anirà perdent el rumb respecte a allò que han de respondre les anàlisis de traces d'ús, que com es podia suposar en un principi era perfilar el desenvolupament de la producció social amb l'instrumental. Es perd aquest sentit teòric de base, molt clar i explícit en el treball de S.A. Semenov i per extensió de la seva forma d'entendre el materialisme històric¹⁹. D'aquesta forma, ignorant la proposta de fons que representa l'anàlisi funcional a partir de les anàlisis de traces d'ús, els especialistes faciliten que entre els arqueòlegs emani una

¹⁷ De fet, pel que fa al mètode experimental a seguir en traces d'ús, hi ha un nou redescobriment cada cop que neix un nou especialista, el qual s'ha de fer una col·lecció de referència d'usos pròpia, personal i sota una estructura elaborada de nou per ell a partir de prendre elements dispersos de la bibliografia existent sobre el tema –bibliografia summament contradictòria en més d'una ocasió–. Podem dir que no hi ha una metodologia unificada de procediment experimental en anàlisis de traces d'ús, "condicionat per" i "condicionant de" un cert desgavell de concepció més profunda i general sobre què i per a què són les traces d'ús. Sobre aquest tema retornarem més tard.

¹⁸ Possiblement L.H. Keeley era més conscient de les carències en formació científica de l'Acadèmia local i veia com a necessari especificar clarament tota una sèrie de consideracions preliminars al procés d'interpretació que S.A. Semenov obviava a "*Pervobitnaya Tejnika*".

¹⁹ Una reflexió en la mateixa línia podem trobar per part de A. Vila i I. Clemente en les reflexions fetes sobre el *Semenov Symposium* de Sant Petersburg a gener-febrer del 2000 (VILA, CLEMENTE 2000).

concepció en la qual els resultats que pot oferir el traceòleg passen a ser una dada més sense rellevància per si mateixa. El traceòleg és un tècnic que pot oferir un servei a un arqueòleg que disposa d'un conjunt lític, no un estudiós del lític amb una proposta d'estudi. Tampoc és tant així, hi ha treballs que per si prenen cos en propostes més centrades en l'anàlisi de traces d'ús com eix director (per ex. VILA 1986; VILA et al. 1996²⁰), però contínuament trobarem treballs on es combinen traces d'ús complementant estudis tipològics clàssics (per ex. BEYRIES 1987), sobre tipologies establertes –en lloc de fer als resultats funcionals l'eix vertebrador de tota anàlisi lítica, o fins i tot de replantejament de la relació forma/funció (VILA 1977)²¹.

Per altra banda i de forma negativa, les aportacions de caire tècnic del primer moment d'aplicació a Occident pequen de ser ingènues i, a curt termini quan ja s'obté un coneixement experiencial més objectiu de la tècnica, els problemes es palesen. Les anàlisis de traces d'ús representaren l'esperança –per part dels arqueòlegs que pretenien donar un salt qualitatiu en l'estudi dels materials lítics, alguns cops també crítics amb els mètodes tipològics– de respondre definitivament a preguntes fins llavors incontestables respecte els conjunts lítics. Es creia que les mancances del mètode de S.A. Semenov passaven per l'Experimentació contínua (per ex. TRINGHAM et al. 1974; KEELEY 1974, 1980; ODELL 1975; BROADBENT, KNUTSSON 1975; VILA 1976; KEELEY, NEWCOMER 1977), però no era tan simple. Més concretament, malgrat no ser noves, es reaviven qüestions com:

²⁰ En aquests treballs s'integren les traces d'ús amb estudis de matèries primeres per perfilar tota la cadena productiva de l'útil des de l'obtenció de la matèria primera lítica fins al seu ús i consum com a producte social. El marc teòric del qual es parteix és al materialisme dialèctic, fet que explica per altra banda la perspectiva que es té de l'útil com un producte social i d'ús social, preocupant-se per definir el seu paper dintre del desenvolupament de la producció. En aquest sentit, d'una vegada per totes, es planteja una metodologia per a l'anàlisi dels conjunts lítics de caràcter integral i on les anàlisis de traces d'ús –en tant i en quant ens responen a la pregunta de la raó de ser de l'instrument: el seu ús– passen a ser l'eix rector del mètode.

²¹ Soc conscient de què les causes d'aquesta qüestió de la concepció de complementarietat imposada a les anàlisis de traces d'ús ve donada per qüestions d'organització dels equips de treball. Així molts cops ocorre que el traceòleg s'insereix en un projecte global sobre un jaciment, on es desenvolupen diversos estudis per part de diversos especialistes, sent l'anàlisi de traces d'ús un de més i afegint-se en el camp de l'estudi del conjunt lític als estudis del tipòleg o de l'analista espacial,... També està el cas dels treballs “per encàrrec” d'un arqueòleg que gestiona el projecte sobre un jaciment i a qui li interessa que li diguin la funció de totes o algunes peces que conformen el conjunt lític de què disposa; en aquests casos el traceòleg deixa de ser amo de l'ús que se'n faci dels resultats que informi i així molt a sovint l'arqueòleg qui encarrega no sap valorar com tractar amb la dada funcional, ni què representa, ni la seva potencialitat informativa,... Amb tot i ser conscient d'aquests condicionants de la investigació, no crec que hagin de condicionar els principis teòrics i pràctics dels especialistes que ens dediquem en exclusivitat; ben al contrari hauríem de ser capaços de fer canviar la concepció que es té sobre els conjunts lítics arqueològics.

- La gènesi de traces d'ús com les anomenades “estries” i, sobretot, l'anomenat quasi universalment “micropolit”.
- La importància de la matèria primera en la formació de les traces d'ús, o traduït en altres paraules també pertinents seria com influència la matèria primera en la variabilitat de les traces d'ús.
- Les escales d'observació que són pertinents per obtenir dades més o menys fiables.
- El nombre necessari d'elements de contrastació de què hem de disposar cara a poder implementar observacions amb interpretacions conseqüents més acurades i exactes²². Aquesta qüestió lliga amb la de:
- Els llenguatges de descripció de les traces d'ús, que a la seva vegada encadena amb la qüestió de:
- És possible la quantificació de les traces d'ús?; qüestió que per altra banda resulta summament incòmoda d'afrontar per uns especialistes formats en ciències humanístiques com l'Antropologia Cultural o la Història²³.

Interpreto que aquests temes estan majorment justificats, llegits articles de diversos autors sobre els temes esmentats, per problemes d'interpretació d'allò que es veu. Per una banda hi ha el desfasament en l'aparença entre allò vist en els casos experimentals i allò vist en els casos arqueològics, problema que es pot enfocar tant en l'aspecte de les alteracions post-deposicionals com des de la perspectiva que les distincions entre matèries treballades no són molts cops tant clares com per poder fer interpretacions tancades en els casos arqueològics. Hi ha com una por a la interpretació estricta més exacta, que per altra banda no vull donar a entendre que hagi de ser la pertinent donades les circumstàncies i realitat de la tècnica, sinó que aquestes circumstàncies i realitat limitant crea com un complex d'inferioritat que no és l'escaient. Possiblement es comença a concebre una decepció sobre allò que poden aportar les traces d'ús, tema sobre el qual no vull insistir per haver-ne ja parlat altres autors i jo mateix (VILA, CLEMENTE 2000; PIJOAN 2000). Una solució que es planteja al problema de forma recurrent serà l'Experimentació, però d'una forma

²² En altres paraules, es plasma en la preocupació de trobar particularitats descriptives de tal o altra traça d'ús que es pugui relacionar més o menys de forma unívoca amb una causa i així fer més acurada la diagnosi d'ús. Algunes vegades, s'assumeix la idea errònia que quan més coordenades tinguem, més elements de contrast i de referència ens permetran una millor observació, compensant errors de valoració. La idea bàsica no és falsa, però el problema és que si no som curosos podem provocar molta redundàcia.

²³ Què m'ho diguin a mi! Precisament aquest text aborda la qüestió.

que no apunta a fer millores teòriques i epistemològiques, sinó que mitjançant la repetició *ad infinitum* de programes experimentals fins que gràcies a la multiplicació conseqüent de col·leccions de referència tinguem models de contrast sobre **tot** allò que pugui ocórrer. Insistiré en el capítol 2 sobre els errors d'aquesta concepció, només avançant que si bé l'Experimentació podia oferir solucions era més per la banda de la revisió del mètode que no per la de la multiplicació contínua –que per definició no pot ser mai ben dirigida–. Per altra banda, a altres de les qüestions plantejades l'Experimentació no pot donar cap mena de resposta, com seria el problema de la interpretació d'allò observat.

No es pot negar que els problemes identificats pels especialistes siguin reals. Però des de la meua perspectiva no s'han plantejat les metodologies adequades per a resolució de les qüestions plantejades. Al llarg del present escrit especificaré en què baso els meus arguments de manera més concreta.

Per tenir una bona referència sobre els debats oberts en aquell moment, ja a la segona meitat dels 70 del segle XX, tenim l'edició en forma de llibre de les actes de la congrés a Burnaby de 1977, "*Lithic Use Wear Analysis*" (VV.AA. 1979). Seguint la mateixa tònica veiem que durant els vuitanta es multiplica la producció bibliogràfica –amb edicions de volums temàtics que recullen estudis de diversos autors (VV.AA. 1988)– i es duen a terme congressos temàtics a gran escala, com el d'Uppsala a febrer del 1989 (VV.AA. 1990b) i el de Lieja de desembre del 1990 (VV.AA. 1993). Contínuament al llarg del text retornaré a les referències concretes dels autors amb noms i cognoms que escriuen en aquests volums.

1.1.3 La metodologia que ens queda: l'intrasubjectivisme experiencial.

En les aportacions a les anàlisis de traces d'ús fetes en els 90, sense qüestionar els avanços de caire quantitatiu –nombre de nous especialistes i treballs adjunts–, sí que hi ha hagut un estancament qualitatiu, no tant referint-me a la credibilitat dels treballs –que no qüestiono en principi– com en quant a la manca de noves propostes per solucionar els problemes plantejats. Podem observar una situació d'estancament en tots els sentits pel que fa a aportacions tècniques i metodològiques a les anàlisis de traces d'ús. Les preocupacions abans esmentades s'han abandonat o han quedat marginades d'interès, però no per mor d'una solució trobada, sinó que per una impossibilitat assumida de trobar l'esmentada solució, alguns cops somniada com una clau que solucioni la nostra por a la determinació d'ús de l'instrument arqueològic. Per part dels especialistes s'ha acceptat el procediment

tradicional: aprenentatge per observació de replicacions de traces d'ús de caràcter experimental i temps de dedicació –“*la letra con sangre entra*” resa la dita castellana.

Un altre factor històric que per la seva banda explica aquesta assumpció ve donat per la consolidació, sempre positiva innegablement, de grups de treball que empren les anàlisis de traces d'ús. Als 80 del segle XX molts dels especialistes encara no eren doctors i no estaven familiaritzats amb la tècnica, la qual encara estaven aprenent. Per una banda aprenien mètode i procediment, però per una altra estaven aprenent a distingir les traces; és a dir, aprenien a crear models visuals intrasubjectius com models de referència, a partir de mostres experimentals, per a les futures determinacions de instruments arqueològics. Un cop en aquest camp s'han sentit segurs –és a dir, un cop han sentit que les determinacions que duïen a terme eren més acurades i fiables– l'interès pels problemes metodològics desapareixia. L'únic que a molts els ha ocorregut –ens ha ocorregut– és que han après a distingir per repetició continua d'observacions, d'una forma que, malgrat tingui una lògica racional darrera, en té molt més d'adaptació biològica dels nostres mecanismes visuals a unes experiències reiteratives que no de mètode netament científic. En certa forma, en quant som els protagonistes que han viscut aquest procés gnoseològic, en som conscients de com ha estat i creiem que aquest és l'únic mètode d'aprenentatge possible.

La clau està precisament en aquest concepte d'“objectivització”. En un moment donat es busca l'objectivització, entesa com unificació del mètode cara a la possibilitat de dur a terme observacions i interpretacions unívokes, com una necessitat derivada de la dèria científista –justificada– que ens envaeix. Quan no la sabem plantejar per manca de recursos per enfrontar-la derivats de la nostra formació, per desconexió d'objectius del membres que formen el cos d'especialistes, per desconexió física del món acadèmic burocratitzat,... la trobem inassolible. I la sorpresa és major quan ens adonem que la “objectivitat” no ens ha estat necessària per a finalment acabar distingint traces d'ús d'una forma prou eficient.

Mostra d'aquest nou rumb pres per les anàlisis de traces d'ús és l'orientació temàtica de la major part de treballs publicats la darrera dècada del segle XX. Hi ha una preponderància de les aplicacions sobre conjunts lítics arqueològics. Per exemple, l'arqueotecnicisme de S.A. Semenov (KLEJN 1993) és una vessant que pren cos en els articles de l'escola russa (per ex. KOROBKOVA 1983; GUROVA 1999; CLEMENTE et al. 2002b) però també fora de les seves fronteres (per ex. VAN GINJ 1986; ANDERSON-GERFAUD, HELMER 1987; CLEMENTE et al. 2002a). Els treballs referents a les societats agrícoles neolítiques són una mostra d'aquesta perspectiva, centrant-se en els útils

de sega i labors agrícoles (per ex. ANDERSON-GERFAUD 1988, 1993; JUEL JENSEN 1993; SKAKUN 1992, 1993a, 1993b). Des de la meua perspectiva, el problema d'aquests treballs no està tant en les conclusions que presentin, vàlides en principi, sinó que en la particularitat extrema que identifica els casos d'estudi molts cops. Les teories generals o la intenció de treure conclusions a gran escala no són en general gaire usuals. Sí que hi ha autors que intenten fer interpretacions socials a major escala (per ex. YAMADA 2000) i en l'imaginari dels especialistes aquesta mena de treballs són altament apreciats, però no representen gran volum de la producció bibliogràfica real ni publicada amb segell editorial, sinó que són treballs de tesi doctoral molt cops on l'especialista ha de superar el ritus de pas i demostrar la seua vàlua amb un gran treball. No han de ser interpretades aquestes paraules com una crítica negativa en absolut, doncs al meu entendre –i de molts altres especialistes– l'anàlisi de traces d'ús només ha de ser una tècnica o mètode per l'anàlisi funcional dels instruments arqueològics des d'una vessant productiva, però sí que indico així que l'enfocament pràctic ha pres total relleu.

La pregunta crítica continua en si hem abandonat massa prompte la pretensió de millora del mètode cara a una objectivització del mètode. La meua resposta és que els problemes observacionals existeixen i no hem sabut respondre a ells, deixant-los com a secundaris en no ser gens grats per a l'estudi a nivell personal. S'ha preferit anar als resultats ràpids que passar abans per la reflexió i la problemàtica epistemològica. S'ha arribat a negar aquests problemes o bé a deixar-los com insalvables. Ara com ara el mètode està definit, més enllà de les causes eficients que el motiven, per una estructura procedimental molt simple.

La metodologia d'investigació empleada en traceologia ha seguit uns criteris de coherència inductiva: programes experimentals previs de contrastació, control de variables i atributs, col·leccions de referència, etc. Fins aquí tot està bé, el procediment és operatiu i fins i tot té una inspiració en el mètode científic inequívoca. Malgrat tot, existeixen una sèrie de punts dèbils i mancances. Per plantejar-los sols cal veure com es du a terme un programa d'anàlisi de traces d'ús real:

- 1) El traceòleg s'inicia en la tècnica de les anàlisis de traces d'ús amb una primera tasca: dissenyar i desenvolupar allò que se'n diu un programa experimental, consistent a reproduir instruments –amb una matèria primera lítica o vàries– i reproduir sobre ells unes accions de treball controlant una sèrie de variables

formatives –temps, angle de treball, cinemàtica...– que sabem tenen un paper clau en el desenvolupament de les traces d'ús.

- 2) Així es crea la col·lecció de referència, on l'investigador podrà observar a partir d'una anàlisi macro i microscòpica els atributs de les traces d'ús d'una forma diferencial depenent de l'expressió factual de les variables formatives. Aquests atributs, que a l'hora de l'anàlisi microscòpica passen a ser variables d'anàlisi – donat que són les que determinaran donant-nos un resultat o un altre–, tenen unes característiques qualitatives i quantitatives diferencials, fet pel qual l'investigador podrà determinar un ús o un altre a un instrument. En la realitat, el que molts especialistes fan és la creació d'una base documental de patrons visuals i situacionals de referència, a la qual poden recórrer i sobre la qual l'aprehensió d'aquests aspectes pertinents per a la determinació de l'ús, visuals, és un procés intrasubjectiu de caràcter subconscient i a molt llarg termini.
- 3) Quan l'arqueòleg afirma que una peça arqueològica ha tingut tal ús o altre està fent una equiparació amb allò que ha observat en la col·lecció de referència. En principi no ho conclou a partir d'una simple analogia, sinó que a partir d'una ponderació raonada de les diferents variables d'anàlisi –atributs– interrelacionades, els quals identifica amb un ús concret. El procés real que intervé en la presa de decisió sobre quin és l'ús és molt més inconscient del que realment se'ns vol fer creure. La ment de l'arqueòleg recorre als seus arxius de memòria visual i de situacions experiencials –mal anomenades experimentals– i intenta trobar aquells models i aquelles situacions plausibles de provocar tals traces.

Com es pot observar el procés d'inferència és operatiu, fins i tot correcte científicament parlant. Malgrat això el mètode peca de ser anti-econòmic pel que fa a recursos aplicats en el procés d'aprenentatge. Durant molt de temps quan aprenem, estem divagant sobre quins criteris hem d'anar seguint per a la determinació d'ús. Per una banda no sabem a quins atributs hem de prestar una major atenció per distingir entre usos. Val a dir que en el procés de diferenciació de les traces d'ús recorrem en gran mesura a factors d'interrelació i relativitat entre les traces observades en diferents usos, “l'atribut X és Y en ús de fusta i Y' en ús de pell”, o “l'atribut X sols es presenta en l'ús de fusta”. En definitiva, no coneixem quins són els valors discriminants de cadascuna de les variables d'anàlisi (atributs), a l'hora de dur a terme l'anàlisi. Així no sabem si cadascun dels atributs que fem per determinar un ús és realment necessari tenir-lo en compte a l'hora de la determinació i

tampoc sabem de quina manera arribem a la conclusió que un determinat instrument ha estat emprat en un ús o en un altre. Aquest “desconeixement” provoca unes anàlisis intuïtives que són poc segures i estan basades excessivament en l'experiència de l'investigador. Durant massa temps estem fent interpretacions ambigües a partir d'observacions guiades difusament.

En conseqüència, el procés d'aprenentatge de la tècnica és molt lent, alhora que és molt difícil de ponderar l'error d'apreciació de l'especialista en formació de manera independent. Així, el mètode tradicional d'aprenentatge, emprat de facto a l'Institut d'Història de la Cultura Material de Sant Petersburg, implica la supervisió constant d'un especialista amb molts anys d'experiència que faci el seguiment d'un nombre donat d'alumnes que per necessitat no pot ser massa elevat.

La problemàtica ronda al voltant de l'estructura i els principis del procés d'anàlisi i en el problema de la subjectivitat. L'estructura del procés d'anàlisi no està construïda a partir d'una sèrie unívoca d'elements de decisió per a la diagnosi. Per molt esforç que s'hagi fet en la definició de variables d'anàlisi –atributs– per part de molts autors, això no ha provocat unes millors anàlisis al final. Paradoxalment, en cert aspecte les ha complicat, en tenir en compte més punts de referència per a l'anàlisi dels quals no se sap exactament el potencial explicatiu en si mateixos i que teòricament és necessari sumar per a l'òptima diagnosi, sent en la realitat impossible la sintetització de tots els atributs cara a una determinació d'ús. La variabilitat que caracteritza la fenomenologia de formació de les traces d'ús, de caràcter estocàstic (PIJOAN 2000) com prova la seva possible reducció a un dimensió fractal (REES et al. 1988), és elevadíssima i podem tenir per segur que sempre podem trobar nous atributs que defineixen el fenomen del micropolit. El cas és que ens és difícil valorar la seva pertinència en funció del seu valor explicatiu i discriminant, cosa que a efectes pràctics fa que la intrusió del nou atribut a tenir en compte encara provoca més impredecibilitat.

Així a fi de comptes, allò que és la base del problema és el disseny convencional del procés d'anàlisi de traces d'ús, principalment del “micropolit” –donat que per la seva natura complexa provoca majors malsons als analistes–. Coherentment, per resoldre'l haurem de desglossar aquest procés, entenent el paper que representa cadascun dels seus elements i assignant-li un valor corresponent. La quantificació feta en aquest treball va per aquesta línia.

El problema de la subjectivitat va estretament lligat al problema anterior. Davant del caos organitzatiu de coneixement, la sortida més fàcil és la de l'anàlisi personal i

subjectiu de base experiencial. Però això provoca que el problema es vagi ampliant cada cop més, donat que les impressions subjectives prenen cos com a tesis finals vàlides per l'anàlisi.

Entre la imatge microscòpica i l'investigador hi ha una relació directa i d'aquesta sorgeix la interpretació passant simplement pel filtre del propi investigador. És l'investigador en si mateix l'únic instrument de verificació del qual el propi investigador gaudeix en darrera instància. La càrrega de subjectivitat del mètode és innegable i ineludible.

Un reflex d'això és la manca d'un vocabulari descriptiu unificat i objectiu. El mètode implica que les interpretacions es fan a partir de les recurrències observades en imatges visuals, reconegudes sols a partir de l'experiència. Com a conseqüència, el mètode implica un ampli marge de llibertat de l'investigador a l'hora de determinar l'ús de l'instrument, sota criteris personals que poden ser operatius en la tasca personal diària, però que per definició mai desembocaran en un vocabulari unificat i objectiu per descriure les alteracions observades, tasca la qual de fet no és necessària si el procediment és l'esmentat.

El problema dels termes ha estat una càrrega feixuga per a les anàlisis de traces d'ús. Aquesta mena de definicions estan en tots el temes a tractar; començant per la gènesi, continuant per l'observació i acabant per la interpretació. Especificaré quins han estat els problemes en quan passi a tractar aquestes qüestions en el capítol 2 d'aquest treball.

Crec que arribats en aquest punt s'entén la raó de la qüestió plantejada com a títols d'aquesta secció: ¿Representen les anàlisis de traces d'ús anar més enllà de la forma dels instruments lítics?; o simplement: ¿ens fixem en moltes més formes (o qualitats si ho preferim) dels instruments per classificar-los? La qualificació com a mètode no s'ha superat en absolut.

La solució a aquesta problemàtica general, problemàtica bàsicament d'investigació, passa per trobar un mètode que ens permeti una presa de dades i un tractament d'aquestes amb un caràcter molt més objectiu. D'això ja se n'han adonat molts autors al llarg dels anys d'existència de la tècnica. Han existit així unes poques desenes d'intents quantitius, els quals però no han aportat solucions finals a la problemàtica per qüestions diverses.

1·2 Quantificació en traces d'ús: Un repàs heurístic i analític.

Abans de començar amb el cos heurístic d'aquest apartat, crec necessari fer una sèrie de consideracions preliminars sobre allò que es tractarà, evitant així d'incórrer en certa confusió. Quan usem la paraula “quantificació” fem referència a un sistema de registre i d'anàlisi que, a diferència de l'observació quotidiana de base subjectivista, permet l'ús d'expressions objectives sobre la Realitat²⁴, permetent d'entendre-la i aprehendre-la unívocament. A la quantificació se la té com a un dels pilars del mètode científic, que per definició pretén l'assoliment de procediments per poder crear coneixement transferible.

Sense quantificació no tenim ciència pròpiament dita des d'un punt de vista ortodox. El problema és que el concepte “quantificació” és summament genèric, amb la qual cosa en la praxis arreplega tota una sèrie de treballs dispars que l'únic que tenen en comú és, expressat vulgarment, l'ús de números i algorismes per representar i analitzar l'univers de l'objecte d'estudi de torn. A les tècniques de quantificació no se les pot posar a la mateixa alçada que ho està la teoria o els objectius definits per aquesta, els quals realment són els cossos definidors del treball científic. Pot haver gent que caigui en la confusió i que en lloc de tenir aquestes tècniques com allò que són –com una eina de treball– les considerin un eix fonamental. Molts cops s'acaba confonent l'ordre de les coses i sembla que les tècniques de quantificació siguin un objectiu *per se*.

Malgrat tot, és inevitable que quan duem a terme un treball com el present, on temàticament les tècniques de quantificació tenen un pes definidor prou explícit, haguem de fer un repàs bibliogràfic-temàtic de tot allò que sota l'epítet “quantificació en traces d'ús” s'ha escrit. Però veurem que amb la quantificació com a tema es pot acabar parlant de coses extremadament diferents.

Insisteixo, la quantificació de les traces d'ús ha estat una de les qüestions que ha inquietat més als especialistes que s'hi han dedicat. Les raons ja han estat esmentades: la subjectivitat de les anàlisis, en la observació i interpretació, en la manca d'un vocabulari unificat per la descripció,...; qui més qui menys n'ha estat conscient d'aquests problemes. Els intents han estat diversos, però potser massa puntuals.

Aquestes buits epistemològics del mètode ja van ser reconeguts pel pare fundador de la tècnica. El propi S.A. Semenov ja va intentar desenvolupar un mètode de

²⁴ Defineixo com jo entenc els termes d'objectivitat en l'apartat de Teoria de l'Observació al capítol 2, subcapítol 2·2·1.

quantificació per les traces d'ús (SEMENOV, SHELINSKI 1971). Malgrat tot, els seus avenços són ben minsos, més degut a les limitacions tècniques del moment que no a una mancança de plantejament teòric del seu mètode. Pren el microrelleu de la superfície lítica i l'arrodoniment del tall com a índex indicatiu de l'ús. A partir d'aquests dos aspectes i amb l'ús d'algorismes aplicats, distingeix entre superfícies d'instruments usats i no usats i crea uns índex d'arrodoniment. Hi ha un plantejament matemàtic correcte –preocupació per la representativitat de les mostres, ús de mitjanes i valors quantitius clars i comparables, comparació amb un grup de control de referència– però fou un mètode massa complicat, i feixuc d'aplicació sobretot, per poder arribar a ser adoptat de forma operativa pels especialistes del moment. El mètode proposat és ben rudimentari; la comptabilització de les característiques del relleu és més objectiva, però també més pesada de dur a terme que un simple anàlisi convencional. Possiblement, amb els aparells de computació i micro-electrònica que disposem avui en dia –que permeten dur a terme mesures i càlculs exactes i ràpids–, es podria reprendre el desenvolupament de la proposta de S.A. Semenov i B.E. Shelinski. L'intent d'aquests dos autors fou un intent puntual que no va tenir gaire transcendència en general i nul·la entre els investigadors del món occidental contemporani del moment²⁵. Tanmateix, amb aquest treball queda clar que hi ha una discriminació significativa de caràcter quantitau entre usos –tenint en compte els atributs convencionals que emprem per a la diagnosi.

Aquesta possibilitat de la quantificació ha semblat estar sempre clara en l'imaginari dels especialistes de traces d'ús. Si confiem que les diferències entre usos a partir de les traces existeixen –“són”– hem d'acceptar com a conseqüència que aquesta diferència s'ha de fer palesa d'alguna forma, qualsevulla sia, quantitativa. El problema és trobar aquesta forma, problema que per altra banda ha guiat els treballs de quantificació de traces d'ús.

En la major part de treballs de quantificació de traces d'ús, els referents als quals en un principi s'ha recorregut han estat extrets del coneixement previ acumulat en els treballs d'anàlisi de traces d'ús convencionals. És normal que per elaborar les nostres hipòtesis de treball recorrem a allò que “ja sabem” o, millor dit, a aquelles proposicions plausibles que trobem amb un cert índex de versemblança. Així, en molts treballs trobem que els atributs que volem quantificar són els mateixos o similars que barallem

²⁵ Val a dir que l'article al qual faig referència en la bibliografia està publicat exclusivament en rus i a l'enteniment del qual m'ha ajudat el Dr. Ignacio Clemente Conte del CSIC, aragonès format a la Universitat Estatal de Leningrad. És obvi que pràcticament ningú va tenir el mínim coneixement d'aquest treball fora de les fronteres soviètiques, tret d'alguns coneixedors espars del rus.

en les nostres observacions intuïtives al microscopi. És això el que fa L.H. Keeley quan pretén discriminar entre usos mitjançant la brillantor del micropolit. La definició d'allò que és aquest atribut està resumida en el següent fragment: “[...] *one reading that can be made is the average amount of light reflected from a standard area of the polished surface under normal light-field (LF) illumination, that is, the “brightness” of the polish*” (KEELEY 1980: 62-63). Entén aquest atribut tal com en les anàlisis convencionals; és a dir, hi ha friccions que produeixen polits més brillants que altres i generalment s’atribueix com a factor causant d’aquest fenomen la duresa del material.

A part de la brillantor, té en compte l’atribut de rugositat –*roughness*, que jo anomeno “micro-relleu” en el treball present– i l’implementa mitjançant el camp fosc de llum –*dark field*, DF en el seu treball–. Si amb la brillantor ja aconseguia una classificació discriminant, amb el diagrama bidimensional dels dos atributs obté resultats molt més clars en la mateixa línia (KEELEY 1980: 63).

Les mesures de llum no són digitals, sinó mitjançant una camera adossada al microscopi òptic –WILD M20– que permet donar mesures de llum en microampers. Tot plegat, no queden clars molts aspectes d’aquesta aplicació, explicació la qual en el llibre ocupa escasses dues pàgines. Per una banda no s’entén si en els camps on aplica la llum i du a terme l’observació microscòpica tota l’àrea correspon a una alteració per ús. Això és dubtable que sigui així, doncs a 200 augments com treballa el més normal és que dintre del camp d’observació no tot el polit sigui absolutament tancat. A part, una cita del seu propi text deixa entendre que l’alteració no ocupa tota l’àrea almenys en tots els casos, quan es refereix a la correcció de la variable DF: “[...] *“norming” the DF data by subtracting the mean of the DF readings of an implement’s unpolished surfaces from the mean of the DF readings from the unpolished areas. Since the unpolished surfaces are always rougher than the polished surfaces, it follows that this measure will be a negative quantity and that smooth polishes will show high, and rough polishes low, negative readings*” (KEELEY 1980: 62). Llavors DF és una ponderació entre el valor de reflectància de les àrees alterades per ús i de les no alterades. No s’entén com s’ha fet per discriminar les àrees polides de les que no ho estan dintre del camp d’observació i si la lectura de llum que dóna l’aparell correspon a una mitja de tota l’àrea o només la micropolida. Aquest és un aspecte important, doncs caldria saber vertaderament a què respon la lectura de llum explicitada. Si els resultats que n’obté indiquen una discriminació positiva, voldria dir que les àrees dels camps d’observació d’on

s'extreuen serien molt similars no només en quant a l'ús, sinó que a l'extensió de l'àrea d'alteració dintre del camp d'observació.

Aquesta manera de procedir amb la mostra no és més que per mantenir estables tota una sèrie de factors aliens a l'ús, però que tanmateix intervenen en les lectures de llum resultants. A l'hora de la pràctica, però, és fàcil d'intuir els problemes d'operativitat que ha de generar el cercar camps d'observació on l'alteració ocupi la mateixa extensió, més quan aquesta recurrència ha de ser feta per igual per a alteracions en els diversos usos que entrin²⁶.

L.H. Keeley és plenament conscient que la imatge resultant de la reflexió artificial del microscopi té molt a veure en l'aparença resultant. Així juga amb els diferents camps de llum; en un es valora la brillantor –LF– i en un altre la rugositat –DK–. Se n'adona que diferents camps de llum aporten una informació diferent i complementària. De fet això és una prova que l'"alteració" que comporta l'aplicació de llum artificial focalitzada en el microscopi òptic pot ser emprada de forma positiva per l'observació, sense haver-nos d'espantar pel fet que estiguem aplicant un filtre que modifica allò que sota condicions de llum natural veuríem d'una altra manera²⁷. Per altra banda sap de la importància de l'angle de reflexió de la llum a sobre de la superfície a l'hora de configurar la imatge resultant. Així, intenta que totes les superfícies a observar es col·loquin perpendiculars respecte al feix de llum vingut de l'ocular²⁸.

Tot plegat, l'angle de reflexió és un sol dels factors que intervenen en la configuració de la imatge. El que se'n pot extreure d'això és la dificultat o impossibilitat de mantenir absolutament estables tots els factors que intervenen en allò que desemboca en l'atribut "brillantor del micropolit". Tot i que fos possible mantenir aquesta

²⁶ Per posar un exemple, en el meu treball amb imatges he constatat que resulta molt difícil valorar l'extensió de l'alteració d'ús resultat del treball en pell, però encara és més difícil comparar aquesta extensió respecte a la que donaria un ús en fusta; les dispersions d'una i altra són tan diferents que fan difícil la comesurabilitat de totes dues.

²⁷ D'això mateix parla brillantment S. Yamada en la seva tesi doctoral (YAMADA 2000: 54-57). Tanmateix i per la banda de l'absurd, aquesta és una de les objeccions que els defensors de l'observació mitjançant SEM han fet a l'observació mitjançant microscopi òptic. L'ús de filtres de llum està molt generalitzat en la òptica aplicada a la investigació científica i fins i tot molts cops és necessari per poder fer possibles les observacions de fenòmens o objectes "invisibles" amb els sistemes de visió biològics o quotidians.

²⁸ L'ús del subjuntiu per a "col·loquin" en la frase anterior és perquè l'experiència personal m'indica que a efectes pràctics aconseguir aquesta exactitud en la situació de l'angle és impossible, més tenint en compte que, per començar, la pròpia superfície natural de la roca ja és irregular i rugosa en major o menor grau.

estabilitat en un intervals acceptables –difícil com s’explica en el capítol 2, punts de l’1 al 5, del present escrit–, resultaria d’una aplicació feixuga que faria que la metodologia general esdevingués poc operativa, com el propi Keeley reconeix (KEELEY 1980: 63).

Amb totes les objeccions es fa palès, com en el cas del treball de S.A. Semenov i B.E. Schelinski, que la quantificació del fenomen és possible, cosa que, malgrat semblar una bertranada, s’ha posat en tela de judici en més d’una ocasió (per ex. MAZO 1997). Ara la quantificació que es proposa és mitjançant la reflexió de la llum, cosa que obre la porta a plantejar la possibilitat d’implementar l’anàlisi d’imatges digitalitzades.

Un treball de la mateixa època que el de L.H. Keeley signat per S.A. Ahler (AHLER 1979: 301-328) fa una reflexió teòrica molt pertinent sobre la quantificació. Se n’adona per exemple que el fet que la quantificació impliqui una major objectivitat només és cert fins a un punt. A l’hora de començar una analítica de caire quantitatiu hem de triar una sèrie de criteris a quantificar, cosa que sempre implicarà un cert nivell de selecció arbitrària (AHLER 1979: 301), en tant i en quant se’n seleccionen uns i no uns altres²⁹. Alhora, afegiria que el recórrer a la subjectivitat ens pot dur a plantejaments erronis basats en raonaments construïts a partir d’errors de percepció anteriors. Fins i tot, segons S.A. Ahler, l’error s’estén a quan un cop triats els atributs que considerem pertinents per quantificar hem de trobar el procediment per fer-ho, procediment que ha d’anar d’acord a la forma com entenem l’atribut i aquesta forma d’entendre no té per què ser unívoca. A fi de comptes identifica els problemes de la quantificació amb els de les anàlisis de traces d’ús en general, que es basen en l’aïllament de l’investigador i al seu procediment personal per a fer inferències. A un altre nivell, també se n’adona que allò que veiem com a traça també depèn de l’escala d’observació amb la qual treballem.

En el mateix treball S.A. Ahler desenvolupa una aplicació pràctica. Aquesta és un tant decebedora, en quan en la meva opinió no és una quantificació estricta; en tot cas se la pot denominar com quali-quantificació. És a dir, tot i fer una quantificació en darrera instància, la base de dades que emprà és a partir de la classificació dels atributs mitjançant categories qualitatives. Per exemple, per a parlar d’intensitats de desgast recorre a les expressions *pronounced*, *moderate*, *light* i *absent* (AHLER 1979: 314). Malgrat que aquestes categories estiguin implementades a partir de valoracions de nombre i intentin expressar una propietat de major o menor presència, són

²⁹ Evidentment, en aquesta arbitriietat no hi afegeixo una connotació negativa, doncs tota selecció és arbitrària alhora que necessària. Tanmateix, el fet de l’arbitriietat sí que implica parcialitat dels resultats obtinguts respecte a allò descrit. Això és molts cops oblidat pel quantificador, creient que pel fet d’haver copsat una porció de realitat a partir d’una quantificació ha copsat la Realitat sencera.

qualificacions netes. I les expressions numèriques d'aspectes qualitius no són per aquest procediment més quantitatives. A la fi, amb aquesta base de dades S.A. Ahler fa una anàlisi multivariant –anàlisi de components principals– per classificar categories d'ús a partir dels atributs graduats³⁰.

Malgrat aquesta qualificació, s'ha de reconèixer que el treball, si bé no és una quantificació estricta, sí que és un procediment molt més analític que el que representaria el convencional. Amb tot no deixa de ser de natura subjectiva, doncs moltes de les valoracions que es fan per atorgar un valor a un atribut són de caràcter intrasubjectiu.

En el mateix volum del treball de S.A. Ahler està publicat un treball de G.H. Odell (ODELL 1979) en el qual es desenvolupa un procediment molt similar. Les valoracions del tipus “alt/mig/baix” prenen caràcter òntic, i conseqüentment objectiu, respecte a la traça (ODELL 1979: 339). S'acaba amb la proposta d'aplicació d'estadística multivariant –*cluster analysis*– i paquets de Chi^2 (ODELL 1979: 342-343).

Aquesta mena de confusió entre qualitatiu, quali-quantitatiu i quantitatiu és recurrent en diversos treballs que es desenvolupen posteriorment. K. Akoshima signa un treball molt similar (AKOSHIMA 1987), on ara es pretén dur a terme una determinació de l'ús a partir d'una discriminació per categories dels microescantells –*microflaking* en el text original–. Recorre a l'objectiu de millorar l'objectivitat en l'anàlisi mitjançant el recurs del reconeixement dels escantells. Les reflexions prèvies i plantejament són correctes; recorre a l'Experimentació per crear una mostra de rèpliques d'utils lítics –72 exactament.

Les variables independents principals –factors formatius– tingudes en compte són 1) activitat, 2) matèria treballada i 3) angle del tall en ús. Altres també tingudes en compte, però com a secundàries, són 1) nombre de *strokes*, 2) temps de treball, 3) lloc i condicions, 4) forma dels instruments, 4) pressió i mètode d'ús, 5) angle de treball, 6) *distance moved* i 7) estat de la matèria treballada.

L'estabilització dels criteris de procediment experimental són una mica grollers, però dintre de la lògica de l'analista de traces d'ús. Els instruments s'usen fins al moment en què la fracturació del tall en ús –generació d'escantells– s'estabilitza. És a dir, a l'inici del treball el tall és molt més fràgil per la seva agudesesa i es trenca

³⁰ La meua perspectiva del problema de les categoritzacions la plantejo àmpliament en el subcapítol 2·2·4, el qual convido al lector a consultar si desitja comprendre les meves objeccions a les quali-quantificacions. Per als mateixos efecte se pot estendre la lectura al subcapítol 2·2·5.

majorment, fins que avançat el treball l'acumulació de fractures acaba sent un reforç del tall per l'engruiximent de l'angle del tall en ús que suposa la pròpia fracturació i llavors el procés de fractura s'atura.

Subsegüentment, es prenen fotografies dels escantells. Aquestes són entre les escales des de x30 a x60, majorment x45. Els paràmetres que es tenen en compte en la comptabilització dels escantells són 1) forma, 2) magnitud i 3) terminació. Parteix de la hipòtesi, pressupost o coneixement previ –no queda clar el sentit en què és expressada la proposició– que hi ha una relació significativa entre aquests atributs i la duresa de la matèria treballada i el tipus d'activitat. El recompte dels escantells és fet un a un i una peça rera l'altra, el qual potser fa poc operatiu el mètode com a estàndard, malgrat que òbviament sembla ser molt més analític.

Es fixen primerament en l'encavalcament dels escantells, a partir d'un tall en secció de la peça –no específica per quina part–. Aquest pas no és una quantificació, donat que el sistema per entendre la forma dels escantells està basat en la classificació de caire qualitatiu extreta d'un treball previ de Tringham (TRINGHAM et al. 1974). Tot seguit presenta uns gràfics acumulatius on les sis categories de dita classificació es mostren en un gràfic bidimensional.

Per la magnitud dels escantells també s'empren categories qualitatives del tipus petit/gran. Es fa un enregistrament de la distribució dorsal o ventral i també de la densitat d'escantells per superfície.

En general, les comptabilitzacions són un tant extravagants i rudimentàries, massa dispers segons sigui l'atribut a descriure. Es segueixen percentatges, tant en brut com acumulatius i triangulars. Crec que en les conclusions és molt agosarat en observar una distribució significativament discriminant. Més aviat sembla que hi hagi tendències i no agrupament net de casos dependent de l'ús (AKOSHIMA 1987: gràfics pp. 73 i 76).

En conclusió, és un treball descriptiu, però que recorre als números per fer un tipus de descripció no tant semàntica com la qualitativa més pura. Serveix per comprovar d'una forma més elegant el potencial discriminant per a la determinació de l'ús mitjançant els escantells. Malgrat tot, insisteixo que no es crea metodologia.

Per altra banda, ben coherentment al resultats obtinguts ara, conclou que només amb els escantells no és possible dur a terme una determinació d'ús segura. L'argument concret és que els escantells, del tipus que siguin sota els criteris argumentats, poden donar-se en tots els usos, cosa que comporta un problema en l'adscripció individual dels casos particulars.

Entre els treballs on es parteix de bases de dades condicionades per la interpretació de l'analista cal esmentar dos intents d'aplicació de Xarxes Neurals Artificials a les anàlisis de traces d'ús. Aquests prenen cos en els estudis duts a terme per una banda per J.A. Barceló i A. Vila (BARCELÓ et al. 2000) i per l'altra, independentment, per M.H. van den Dries (VAN DEN DRIES 1994, 1998; VAN DEN DRIES, VAN GIJN 1997).

El primer d'aquests treballs es materialitza en el CAA'1995, celebrat a Iasi (Romania), en la ponència i article "*An application of Neural Networks to use-wear analysis*". Els objectius que tenen els autors són la depuració i la creació de coneixement de les variables d'anàlisi en els estudis d'anàlisi de traces d'ús. Tanmateix, una introducció d'*inputs* a la xarxa poc acurada va provocar la generació d'una enorme variabilitat que, a part de confondre variables que responen a diferent escala sota el mateix anàlisi, crea uns índexs altíssims de redundància

La manca de control de les variables que introduïm encara és més problemàtica en quan l'efecte de "caixa fosca" –implícit amb el funcionament de la Xarxa Neural– provoca una manca de comprensió encara més extrema del resultat obtingut. Tenint en compte que l'índex d'error en les classificacions va rondar el 40%, el problema de trobar on se situa la redundància en la selecció de les variables es fa insalvable.

En defensa dels objectius dels autors he de dir que el treball només pretén ser una exploració preliminar, per la qual cosa no hi ha un acotament estricte del fenomen a estudiar. Els propis investigadors no eliminen la redundància en la bases de dades perquè de fet no els interessa (BARCELÓ et al. 2000: 68)³¹.

La xarxa empleada era d'aprenentatge supervisat, concretament del tipus *backpropagation* –o de "retropropagació". El tipus de xarxa exigia la implementació d'una base de dades binària que recollia característiques qualitatives per un mecanisme de presència/absència d'atributs. Com en el cas de K. Akoshima, S.A. Ahler i G.H. Odell, les descripcions fetes en aquell cas foren de caire totalment qualitatiu. La base de dades estava totalment condicionada per la percepció, la seva manera d'entendre les traces d'ús i el *modus operandi* general de l'investigador. Com reconeixen els propis autors en l'article: "*Among the central problems of pattern recognition is the transition from a numerical to a symbolic representation*" (BARCELÓ et al. 2000: 65); diguem que la màquina del

³¹ La redundància deïem que es dona quan alguna/es de la/es variable/s tenen poca influència en l'*output* o que, ben al contrari, tenen una àmplia influència en aquest malgrat que el seu potencial informatiu real en relació a l'objecte d'estudi és baix o nul.

moment tampoc donava per a més. Amb els sistemes actuals, que permeten més complexitat de la base de dades i la configuració d'aquesta sobre valors quantitius –a part de les millores generals en el processament– podem anar molt més enllà, solventant el problema de la categorització³².

Els intents duts a terme per M.H. van den Dries tenen un altre caire si ens fixem en els objectius explicitats per la investigadora en el seu treball, ben diferents als de l'equip anterior. La intenció, implícita per ella mateixa, és la de crear un *Pattern Recognition System* per al micropolits en lític; seria aquest el WARP (*Wear Analysis and Recognizing neural network Prototype*) (VAN DEN DRIES 1998: 79), el qual complementaria les funcions del sistema expert WAVES (*Wear Analysis and Visualizing Expert System*) (VAN DEN DRIES 1998: 43). La funció conjunta d'un i altre es limitaria a ser una eina d'aportament didàctic bàsicament, per facilitar la tasca d'aprenentatge de futurs analistes d'una forma més guiada (VAN DEN DRIES 1998: 129).

La xarxa empleada és de tipus *backpropagation*, com en el cas anterior de J.A. Barceló i A. Vila. També funciona a partir de valors qualitius binaris, així part dels errors són els mateixos que en el cas anterior. Val a dir però que M.H. van den Dries troba complicat el fer commensurables els termes i conceptes convencionals de les traces d'ús (VAN DEN DRIES 1998: 36-37).

Sí s'evita la creació de redundància de gran escala, en limitar el sistema a la identificació dels micropolits de forma exclusiva –una variable dependent i els seus atributs–. Prenen llavors un nombre molt més limitat de variables –atributs definitoris– i l'única variable que determinarà el grup d'adscripció dels *outputs* serà la matèria treballada. Possiblement la limitació és excessiva i la variabilitat que es dona en els atributs –resultat d'una fenomenologia relacionada amb un nombre major de variables independents superior– sigui molt més alta com per pretendre limitar-la a una sola –matèria treballada.

Val a dir que la pròpia autora reconeix en el mètode emprat tots aquests errors i les limitacions que implica. Les limitacions venen donades pels tipus de xarxes de què es disposava en el moment, el qual obligava que les bases de dades siguessin binàries –sense una gran complexitat en la seva forma– i exclusivament de caire qualitatiu.

Quelcom que és contradictori és que si bé M.H. Van den Dries reconeix la limitació de la Xarxa Neural, pugui confirmar la tesi de R. Grace de l'encavalcament

³² Veure en aquest escrit els subcapítols 2·2·4 i 2·2·5.

(VAN DEN DRIES, VAN GIJN 1997: 510). Si es creu que les quantificacions dutes a terme són limitades, en altres paraules no són descriptors òptims, no podem inferir que les traces d'ús tenen la culpa d'aquesta manca de discriminació que hem obtingut. Junt amb A. van Gijn recolzen valorar combinadament les diverses característiques de les traces d'ús per obtenir bones diagnòs, donada –segons elles– la manca de fiabilitat del micropolit tingut en compte aïlladament (VAN DEN DRIES, VAN GIJN 1997: 511). Res de nou al que ja tenim tots en compte. En conseqüència, apunten que per a fer una anàlisi quantitativa vàlida caldria una estadística multivariant (VAN DEN DRIES, VAN GIJN 1997: 512).

Un altre treball on es parteix d'una base de dades condicionada per les observacions de l'analista és signat per S. Yamada i A. Sawada (YAMADA, SAWADA 1993). Malgrat tot, en aquest treball la quantificació *per se* sembla prendre molt poc relleu com a tema central del text, fet que es fa evident a partir del propi títol del treball: “*The method of description for polished surfaces*”, on es fa palès que la preocupació central explícita està en l'objectivació de l'anàlisi i interpretació. Per altra banda, no mostren ambició excessiva i no pretenen que el treball sigui cap referent metodològic a seguir, plantejant-lo com un estudi exploratori previ a una aplicació més àmplia on s'empren tècniques de digitalització d'imatge.

Recorren al coneixement previ i relacionen la quantificació amb els processos de formació i gènesi del “micropolit”, considerant una reflexió sobre aquests com necessària per poder dissenyar el mètode de quantificació subsegüent.

Semblen partidaris de dur a terme una classificació no supervisada, ja que les categories d'ús dels instruments experimentals no eren tingudes en compte per la classificació.

Recorren a la teoria del coneixement i s'insereixen en un debat ben viu en aquell moment com és el de diferenciar l'observació i la descripció de la interpretació. Segons els autors, la classificació del polit ha de ser separada de les matèries treballades. Posteriorment, la correspondència estadística entre tipus de polit i matèries treballades ha de ser examinada. Aquest seria segons ells el procediment correcte, atenent a altres autors (KAJIWARA, AKOSHIMA 1981; SERIWAZA et al. 1981). Així relacionen aquesta problemàtica metodològica amb el problema de les descripcions subjectives, enllaçant la manca d'un vocabulari descriptiu unificat amb un procediment d'observació i interpretació confús i intra-subjectiu.

Una observació molt afortunada és que els fracassos de computació i quantificació amb el “micropolit” –concretament referint-se als treballs de R. Grace– no signifiquen que aquest no sigui discriminable per usos –conclusió a la qual R. Grace i M.H. Newcomer semblen arribar–. Segons els autors, el problema més aviat seria que els mètodes de quantificació emprats per R. Grace no són pertinents per quantificar un fenomen com seria el “micropolit”; limitació que no té per què venir donada per les capacitats de l’investigador, sinó per les limitacions de la tecnologia que en el moment era corrent i assequible i que s’havia dissenyat per al treball en altres camps de coneixement i no per a les traces d’ús –amb la qual cosa l’eina pot no estar ben adaptada als problemes concrets que aquestes impliquin–. Al final insisteixen en aquest problema i afirmen que es necessita desenvolupar un programa o procediment específics per tractar amb el “micropolit”.

Els autors creuen que com a resultat d’utilitzar eines i procediments d’altres camps alguns cops s’obtenen resultats que, tot i que positivament discriminants, no se sap bé a que responen; és a dir, no hi ha una transparència en quina és realment la dada base amb la que es treballa i menys de la relació d’aquesta amb els resultats.

En conseqüència, afirmen que la selecció dels atributs a tractar ha de ser un procés ben acurat, opinió que jo comparteixo i a la qual afegiria que és important el tenir clar com els representem aquests atributs, què impliquen i què implica representar-los com els representem, entendre’ls en profunditat i en essència, la seva estructura interna i com aquesta condicionarà o no els resultats. Aquest darrer argument és el que justifica segons ells el treballar amb una estadística que tracti amb una base de dades que estigui dissenyada a partir de les interpretacions intra-subjectives dels observadors, ells mateixos, per tenir una transparència absoluta sobre què serà allò de què parlen els resultats.

Amb tot, la intenció que tenien de fer una computació de la mesura i la interpretació de les superfícies polides no l’assoleixen i així ho reconeixen. Com a primer pas van preparar descripcions visuals de diverses àrees polides basant-se en els seus atributs. A partir d’aquestes descripcions ells van intentar trobar la correspondència entre aquestes i la matèria treballada.

Partint de com es dona el procés de formació per a dissenyar el procés de quantificació, fan referència a les variables de la matèria treballada que consideren que determinen la formació del micropolit i la seva morfologia: 1) duresa, 2) viscositat i elasticitat i 3) textura de la superfície. Aquests factors expliquen la morfologia

diferencial del “micropolit” produït per matèries treballades dures i toves a sobre de la superfície de la matèria primera de l’útil. Explícitament declaren pretendre mesurar aquest fenomen seleccionant una sèrie de característiques –atributs– del micropolit, (YAMADA, SAWADA 1993: 449-450): “*invasiveness from the edge line*”, “*profiles*” –macro i micro–, “*invasiveness in depressions*”, “*distribution pattern*”, “*invasive pattern*”, “*smoothness*”, “*amount of pits*”, “*striation type*”, “*amount of wear*” i “*polish development*” –aquesta relacionada amb els atributs de distribució 1^{er} i 2^{on}³³.

La diferència de gradació està categoritzada alguns cops a partir d’interval de valors numèrics i altres a partir d’apreciacions subjectives. Es combinen atributs macro i microscòpics –especificant l’escala d’augment a x200– cosa que en principi no és incorrecta, malgrat que cal ser acurat a l’hora de integrar les diferents dades. Per ordre de llista troben un grau de relació diferencial significativa entre aquests atributs i la matèria que han treballat.

Aquest test, com ja apuntàvem, és un atansament previ de caràcter exploratori. El propis autors reconeixen la necessitat d’anar a mesures més objectives que la duta a terme fins ara (YAMADA, SAWADA 1993: 454). Intenten després fer una aproximació mitjançant l’anàlisi d’imatges digitals a partir dels histogrames. Amb aquests afirmen que poden mesurar els perfils, el patró de distribució, el micro-relleu –*smoothness*– i el nombre de forats –se suposa que referint-se a les petites partícules que queden deprimides dintre del micropolit–. Per la meua experiència personal, sembla que els autors pretenguin trobar massa atributs representats en allò que al final és una corba acumulativa d’intensitats de llum en l’àrea de la imatge. Malgrat tot, no desenvolupen en aquest treball l’aplicació a gran escala.

S. Yamada més endavant ha continuat interessat, si bé no dedicant-se en exclusivitat, al problema de la quantificació enfocada des de la perspectiva del problema de l’objectivació. En la seva tesi doctoral es recull aquest bloc de treball (YAMADA 2000).

S. Yamada demostra estar prou al dia de les tècniques d’imatge digital i de cadascun dels passos del procediment estàndard. Per exemple no confon el tractament de la imatge amb la quantificació, deixant els algorismes de contrast com a preparatoris per a l’anàlisi (YAMADA 2000: 289). Sap distingir la dispersió de l’escala de grisos com

³³ Respecto els noms originals que els autors donen en anglès per evitar confusions entre paraula i concepte que es vol expressar, alhora que crec que assumida la manca de vocabulari unificat i la formació en llengües del lector no impedirà la comprensió del text.

una “representació”, però encara confia massa en la informació que pot donar l’histograma (YAMADA 2000: 289-290). També se n’adona de l’absurd de demanar a aquestes tècniques la capacitat de “descobrir” alguna característica del micropolit que els humans no som capaços de veure (YAMADA 2000: 293). Malgrat tot les raons que argumenta són que l’“ull humà” –sic, en l’original– és molt millor instrument que la màquina, tot i la seva incapacitat per quantificar. Jo afegiria que el procediment de la màquina està tan condicionat pel coneixement previ dels humans –com és normal que sigui– que difícilment ens dirà quelcom de nou que no li diguem que busqui i trobi. Allò en què sembla no caure-hi és que precisament aquesta plasticitat del procediment és el que fa de les imatges digitals i de la seva quantificació una eina útil que ens ajudi, donant-nos informació que podem entendre i s’equivoca en quan creu que els trets linears de l’alteració d’ús són difícilment discriminables del “micropolit”. El problema òbviament és que condicionat pel seu coneixement previ convencional, consideri que per una banda hi ha el “micropolit” i per altra les “estries” –cosa que no entenc gaire, doncs amb l’ús del concepte “*linear features*” sembla que vulgui eliminar aquesta dicotomia enganyosa–. S’ha d’entendre l’alteració com quelcom global amb unes característiques que donen informació diversa que hem d’aïllar, donat que en l’alteració es mostren de forma aglutinant. Tanmateix, en un moment donat especifica clarament que la dicotomia entre micropolit i estries és de caire conceptual i no ontològic (YAMADA 2000: 306).

Insisteix en els problemes d’enfocament amb el microscopi òptic i d’altres tècnics en general (YAMADA 2000: 294), sense saber trobar-los-en solució i molt menys saber-los-en trobar profit. Denuncia no tant una impossibilitat intrínseca com una impossibilitat operativa. Més incomprendible és que consideri un defecte el fet que sempre sigui necessària una certa intervenció humana (YAMADA 2000: 295), cosa que jo considero a què en el fons allò que ell demana a les tècniques de digitalització i quantificació és la possibilitat d’implementació d’una “màquina” que faci les anàlisis mentre l’analista pren cafè.

El fet de tancar-se massa en el pre-processament de *thresholding* fa que perdi les perspectives sobre majors possibilitats informatives que ofereixen les imatges, com seria la dispersió de la llum o textura. Si que alguns problemes poden semblar més greus, com seria la total confusió de brillantors entre polit i no-polit, però això se supera si tenim en compte el concepte d’alteració i no el de micropolit com superfície necessàriament més brillant, recordant que l’ús sempre provocarà alteració d’una forma

o altra, i per altra banda intentant obtenir informació més completa que no solament la llum en brut i els histogrames, com per exemple la forma dels contorns. A part els problemes de presa poden ser amb una foto o poques, amb la qual cosa jugant amb mostres d'imatges més àmplies podem superar molt millor aquests problemes.

També parla de la limitació de la imatge a una àrea concreta de la peça, perdent així la perspectiva global que es té amb una anàlisi convencional. Però això no és certament una limitació real. Un cop coneguda hem de saber fins a on pot arribar la resposta de l'estudi amb imatges digitals, que anirà d'acord amb els atributs concrets i pertinents que sí que es tracten en una imatge digital. Si amb les anàlisis d'imatges digitals, per altra banda, aconseguim discriminar entre usos, llavors seria que tot l'altre conjunt d'informació és redundant, però ben cert que de moment aquest no és el cas. També per altra banda, la limitació d'anàlisi que pot implicar l'espai reduït del marc de la imatge pot tenir certa solució amb la pressa de diverses imatges per a cada cas (per ex. GONZÁLEZ, IBÁÑEZ 2003).

Se n'adona de la pertinença de la variable "matèria primera" (YAMADA 2000: 297), malgrat que no especifica que en la vessant de la reflexió de la llum que comporta –com a color de fons de la imatge– i no en funció de les seves característiques intrínseques. Així, parlant en propietat, no és la variable "matèria primera" la que intervé, sinó que la variable "color de fons".

Més avall continua amb la confusió típica que major resolució de la imatge és igual a millor qualitat de la imatge i així millor qualitat de les dades derivades per la posterior quantificació. La meua experiència m'ha mostrat que això no és necessàriament així. Fins i tot, una excessiva resolució de la imatge és negativa, doncs s'augmenta la informació redundant en forma de major nombre de píxels i de major dispersió de la llum de difícil valoració. Amb més pixelització major soroll i major nombre de píxels que responen a una distribució espúria. La resolució que emprem ha d'anar d'acord amb l'escala de l'anàlisi que vulguem tenir en compte; si volem observar unes característiques en l'escala de la linealitat de l'alteració a x200 no cal que anem a una resolució que vagi més enllà dels 72 d.p.i. . Si podem evitar resolucions massa altes guanyarem per altra banda rapidesa en el funcionament de l'ordinador. Amb tot, el propi S. Yamada acaba reconeixent que una resolució baixa pot ser suficient per dur a terme mesures bàsiques –malgrat que caldria saber quines són les complexes–. En paraules més afortunades, jo diria que les mesures més transparents que nosaltres

podem entendre per analogia amb les nostres observacions sí que poden ser copsades amb imatges de poca resolució –especificant 72 d.p.i. per donar una mesura estàndard.

Respecte a la necessària calibració de les imatges d'alteracions sobre diferents matèries primeres, la contestació està en què la calibració clau està en la determinació del *threshold*; és a dir, en la determinació de l'interval de lluminositat que sigui capaç de segmentar aquelles àrees enquadrades en aquest i que mostren millor els canvis de conducta reflectant de la superfície arran de l'alteració.

Pel que fa a les limitacions tècniques que no permeten quantificar tots els atributs de les traces d'ús, apuntar que la limitació potser o bé temporal en funció del desenvolupament de la tecnologia al moment, o bé de la opció tècnica que triem o bé perquè no sabem com implementar l'atribut en qüestió.

Degut a aquest pessimisme, l'aplicació en qüestió és limitada i només atén a pocs atributs del “micropolit”. La primera de les tècniques emprades és l'anàlisi de perfils, a partir de l'escala de grisos d'un tall a sobre del micropolit. Ell mateix reconeix que aquest perfil no respon exactament al micro-relleu real de la superfície, però sí que creu que és aproximat. Jo diria que més aviat està en coherència, però no directa: fons de depressió i cims molts cops s'identifiquen al ser les zones que reflecteixen la llum més perpendicularment. Ell afirma que no i que ha comprovat que els perfils de rugosímetre i SEM comparats amb els de escala de grisos són comesurables i que aquests darrers representen el relleu en coherència directa. Quantitativament li interessa fixar-se en el nombre de traus (o clots) i l'escala d'oscil·lació. Es pretén diferenciar entre matèries treballades i no es té en compte la cinemàtica.

El problema dels perfils està en l'assumpció de quin criteri seguir a l'hora de tirar la línia per on passarà el perfil. Pot ser molt problemàtic i obliga a recórrer a la arbitrarietat. Alhora es planteja una altra qüestió: quin criteri seguir per a la seva quantificació? A partir de què jutgem la corba donada? I hi ha una darrera qüestió; si la imatge en si ja és una representació massa parcial d'allò que és l'alteració a l'instrument, en el perfil encara es perd més perspectiva general.

A la fi no aconsegueix resultats discriminants per a la primera variable tinguda en compte, malgrat que a ull nu ell podia diferenciar els traus en el perfil. Segons ell el problema està en els criteris dispars que té en compte la màquina i ell mateix a l'hora de decidir què és un trauc i què no. La màquina compta qualsevol canvi en la corba per mínim que sigui, mentre que ell és molt més selectiu en aquest aspecte.

La segona variable sembla ser una desviació estàndard en termes de la desviació a partir de la línia de regressió. Ontològicament ha de referir a la irregularitat de la superfície. Aquí sí que troba diferències significatives entre diverses matèries treballades, malgrat que encavalcant-se algunes entre elles i només sobre matèries treballades que donen alteracions diferentment ben contrastades.

També aplica un coeficient de determinació simple, l'ofert per *Microsoft Excel*, i obté resultats, on pot discriminar entre fusta/herba i os/banya, així com entre aquest darrer i un polit arqueològic, però no entre fusta/herba i el polit arqueològic. Amb tot la valoració final que fa és vàlida segons les expectatives de l'autor, malgrat que a partir del text em costa copsar en profunditat.

Un altre procediment de tractament d'imatge que aplica és el de segmentació mitjançant un filtre de *threshold* –a sovint traduït al castellà com *umbral*–, per discriminar l'alteració en extensió de la no alterada. També elimina “manualment” àrees desenfocades, entenent-les com a “soroll” (YAMADA 2000: 317). Coneix el concepte de “textura” tal com se l'entén en les tècniques d'imatge digital, però prefereix atendre's a la segmentació i descripció d'àrees –per una qüestió de simplicitat potser– (YAMADA 2000: 316). Les mesures bàsiques que li interessin són “perímetre” i “àrea”, alhora que la relació entre les dues. Planteja una hipòtesi prèvia: l'ús sobre cereal estarà relacionat amb un índex major per a la relació perímetre/àrea. També determina uns augments òptims per representar les alteracions a x200, descartant els majors per perdre visió de conjunt i menors per ni tan sols fer possible la representació de les alteracions. Val a dir que valoracions similars les he fet jo per aquest present treball, sumant-li que x200 és l'escala d'anàlisi amb la qual els qui observem amb microscopi òptic juguem més i ens sentim més còmodes a l'hora de fer observacions que duguin a inferències significatives. A més, si en el present treball allò que pretenc fer és una contrastació del mètode convencional, cal que recorri a l'escala d'observació on ens movem a nivell convencional.

Segons ell aquestes mesures ja donen molta informació malgrat que semblin massa simples. La seva hipòtesi de partida es confirma positivament (YAMADA 2000: 320). Jo continuo creient que usar tan poques variables t'ofereix molt poca capacitat de reacció enfront l'error plausible. Una relació tan simple et pot donar una relació positiva, però molt difícil de detectar sinó empres més variables i una mostra d'imatges ampla i presa expeditivament –on la malícia, conscient o no, de prendre “fotos ideals” es perdi en el procediment repetitiu.

Cau en la trampa de considerar un problema el desenvolupament del micropolit arran del temps de treball (YAMADA 2000: 320). Sí que hom pot tenir aquest problema si els atributs que emprats estan massa condicionats per aquest factor, com és el cas. Per això també és bo fixar-se amb més variables, amb més fotos i tenir una visió de conjunt de la mostra a l'hora de definir realment el micropolit.

Per acabar fa una anàlisi de nivell de grisos, no mitjançant la textura sinó que a partir d'histogrames. No és una quantificació estricta allò que du a terme, sinó que una comparació visual. Les diferències que considera són que el micropolit de cereals dona histogrames amb distribució normal unimodal, i els d'herba –molt desenvolupats– distribucions bimodals ben perfilades (YAMADA 2000: 321-322). Amb tot reconeix que en alguns casos aquest model no se segueix, fet que per la meua banda considero normal tenint en compte què és en realitat un histograma.

Les conclusions que dona són de decepció respecte a l'aplicació de les tècniques a gran escala per raons vàries, principalment relacionades amb la manca d'operativitat del procediment. El cert és que tal com està plantejat el procediment no deixa de ser justificada aquesta assumpció. La decepció pot venir donada per no usar les eines adequades i de la forma adequada principalment, combinat amb una excessiva confiança de bon principi en les possibilitats de la tècnica.

Els treballs d'anàlisi digital d'imatge són molt anteriors a aquest darrer autor, malgrat que per qüestions d'ordre d'exposició temàtica hagi aparegut primer. Aquests van ser oberts per R. Grace i els seus companys de la University of London, entre moltes altres aplicacions computacionals i quantitatives que m'agradaria comentar. Tot plegat, en el conjunt de treballs que signen, la preocupació que expliciten és la de depuració metodològica. Malgrat tot, al llarg de l'evolució dels treballs *in crescendo*, es deixa notar com la “màquina” i la tècnica prenen massa relleu en l'enfocament del treball, donant-li preferència per sobre de les consideracions que s'han d'aportar des del coneixement acumulat en les anàlisis de traces d'ús convencionals.

R. Grace es fixa per primer cop en la imatge digital com a una possible font de dades cara a una quantificació (GRACE et al. 1985, 1987³⁴; GRACE 1989). Més enllà de les mancances de base i anant als resultats, els seus intents són múltiples i en diverses línies, més o menys afortunats en els plantejament i resultats.

³⁴ Signats tots dos treballs amb I.D.G. Graham i M.H. Newcomer.

Tanmateix, en el seu manual publicat en *British Archaeological Reports – International Series, n° 474* (GRACE 1989), parla de quantificació quan la major part de la metodologia que proposa està basada en l'ús de variables qualitatives per a la classificació (per ex. GRACE 1989: 69-71). Una altra volta ens trobem amb el problema de les valoracions de caràcter subjectiu que abans ja he criticat en aquest mateix apartat. En aquest treball concret, l'aplicació de quantificació neta ocupa una ínfima part del temari i de forma molt marginal.

La definició quantitativa del micropolit li preocupa per sobre de la definició d'altres traces, degut possiblement a la dificultat d'implementar les altres traces –com escantells i estries³⁵– en estructures de lluminositat. Tanmateix, una de les errades teòriques que hi ha en el seu treball és considerar que quan major sigui el nombre d'atributs i variables formatives del micropolit que tinguem en compte, major informació pertinent obtindrem (GRACE et al. 1988³⁶). Realment, si al control de les variables que produeixen el micropolit i als seus atributs no els posem límits, les anàlisis es fan impossibles. Si creiem que en la formació del micropolit entren en joc tantes variables i a més en el cas arqueològic les pretenem certificar totes –quan moltes ja no es pot de bon principi–, estem atribuint tal nivell d'exigència en la resposta que les anàlisis de traces d'ús ens semblaran inútils –produint un col·lapse en la creació de coneixement–. Més concretament, no cal ni convé que integrem en les reproduccions experimentals variables les quals no siguin controlables en els casos arqueològics³⁷.

Els treballs que resumeixen la labor en tractament d'imatge són dos articles molt similars (GRACE et al. 1985, 1987) que comentaré tot seguit. “*Preliminary investigation into the quantification of wear traces on flint tools*” (GRACE et al. 1987)³⁸ se'l pot considerar com el primer treball en anàlisis d'imatges digital aplicades

³⁵ Escantells i estries són traces que presenten unes estructures de lluminositat difícils d'implementar en imatges tractades simples que les representin discriminades del seu entorn i el procés de tractament per a tal finalitat és complex.

³⁶ Aquest treball el té signat amb K. Ataman, R. Fabregas i C.M.B. Haggren.

³⁷ En el millor dels casos, potser aquestes variables estigui bé tenir-les en compte per a nosaltres entendre millor com es materialitza la fenomenologia de les traces d'ús, però no per fer inferències d'aquestes en els casos arqueològics que estudiem.

³⁸ No hi ha confusió de dates! Aquest treball és anterior al citat en data 1985, però problemes d'edició fan que estigui publicat més tardanament, exactament al 1987 com reitero per evitar confusió. Òbviament, per a efectes de l'actual treball em sento obligat a seguir l'ordre cronològic real d'escriptura que van seguir els autors.

a les traces d'ús. En la introducció s'apunta –com sempre s'acostuma en els treballs al voltant d'aquest tema– als problemes de la metodologia d'anàlisi de traces d'ús.

Òbviament, primer s'apunta a la subjectivitat del mètode, expressat com la incapacitat de resultats comparables i contrastables per diferents analistes, lligat això amb la subjectivitat de les descripcions, gosant de criticar les descripcions del pare occidental de les traces d'ús i la seva tesi (KEELEY 1980). Específicament es critica la manca de quantificació matemàtica. Classifica els termes com a relatius i depenent de la percepció de l'analista i dels augments als quals es dugui a terme l'observació. Per exemple, reflexiona que tenint en compte que les condicions de llum són variables, pot ser absurd referir-se a les diferències de brillantor; en conseqüència creu que en les anàlisis convencionals s'hauria de mantenir les mateixes condicions de llum per poder dur a terme comparacions en aquests termes.

En segon terme, l'expressat més endalt condiona el segon problema: la dificultat per aprendre a identificar micropolits en funció de l'ús. Considera imperatiu que per poder dur a terme un aprenentatge, sempre cal tornar a replicar col·leccions experimentals per a ús personal i sota aquestes condicions controlades començar a reconèixer models visuals d'allò que observa a sobre la superfície de la pedra i que sap a què respon. Afirmar encertadament que, fins i tot al principi, les descripcions subjectives que l'aprenent trobarà a la bibliografia l'embolicaran més que no ajudar-lo. No serà fins molt més tard que comenci a entendre a què es refereixen aquestes descripcions.

Considera que la única forma de transmetre el que es veu és a través de la fotografia, opinió que majorment comparteixo malgrat els problemes que la fotografia comporta. Amb tot, reconeix que la utilitat de la fotografia és limitada en no existir una presa tipus estàndard. Tot això per acabar conclouent que la clau al problema està en la combinació de les matemàtiques aplicades sobre imatges digitals.

Dóna una definició de textura entesa dintre del camp de la imatge digital: “[...] *the unit of study is an image made up of tone and texture. In this context texture is represented by the distribution of tone in the image. In a two-dimensional image we visually perceive texture as the spatial relationship of different tones. Where there is little tonal variation in an image the texture is perceived as smooth; where tonal variation between discrete features is marked, a coarser texture is indicated*” (GRACE et al. 1987: 64). La definició en principi és molt optimista sobre les possibilitats que ofereix la textura a l'hora de la identificació d'estructures en la Realitat, molt teòrica,

abstracta i molt rodona, però al final la cosa tampoc és tan fàcil per tota una sèrie d'impediments tècnics.

La base de dades de imatges està implementada a partir d'escanejats de fotografies convencionals, sistema que crea més soroll en el procés de captació. Per altra banda, no entenc com, seguint aquest mètode amb tants passos, poden assegurar que les condicions de llum són les mateixes en totes les imatges.

L'anàlisi concreta de les imatges de micropolit es fa a partir de comparacions d'histogrames, tant entre superfícies polides enfront de no-polides, com entre polits de diferent ús. Arribats en aquest punt no s'entén el sentit de les reflexions teòriques prèvies, enganyoses per altra banda, doncs no calia parlar de textura si a la fi es treballa amb histogrames, donat que aquests no reflecteixen la textura real de la imatge al no tenir en compte la informació espacial dels píxels que conformen la imatge, aspecte bàsic en la definició del concepte de textura. Per altra banda, comparant només els histogrames no tenim criteris suficients per discriminar entre imatges, doncs es poden trobar imatges de diferent ús que donen com a resultat uns histogrames similars. La raó d'això ve donada perquè precisament l'histograma no descriu textura, sinó que la freqüència de luminàncies dins una escala de 256 valors que hi ha dintre d'una imatge i aquesta pot ser més recurrent entre imatges de diferent ús que del mateix ús depenent de l'extensió de la zona alterada sota la forma de "micropolit". Encara més, un altre factor que intervé, i al qual l'histograma és extremadament sensible, són les condicions de llum i l'albedo del fons –que és el color de la matèria primera–. Amb aquests equívocs s'acaben afirmant coses ben falses en l'article, com que els canvis més o menys forts en la forma de la corba de l'histograma indiquen abrupteses de la textura de la imatge –és a dir del micro-relleu–, quan en realitat a l'únic que refereixen aquests canvis és a forts canvis de freqüència dels valors dels píxels (GRACE et al. 1987: 64-65).

Creuen que l'única crítica que se'ls pot fer és que les condicions de pressa poden condicionar tant el nivell de grisos i corba d'histograma que la validesa de la imatge sigui dubtosa. Afirmen rotundament que hi ha una consistència en les condicions de llum i el procés fotogràfic, malgrat que no especifica com. Consideren que caldria un procés de normalització quan juguem amb imatges preses per altra gent: *"to investigate this problem a selection of histograms were standardised by the use of z scores, by subtracting the mean and dividing by the standard deviation at each grey level in the histogram."* (GRACE et al. 1987: 66-67). Les distribucions tenen la mateixa mitja de 0 i llavors són comparables sota el mateix criteri.

Curiosament, en el següent treball que signen els mateixos autors (GRACE et al. 1985) declaren explícitament que els histogrames no són un bon instrument per discriminar de forma unívoca entre diferents usos. Tanmateix, el problema que identifiquen no ataca el problema de fons; reconeixen la inutilitat de la normalització per poder fer comparables fotos procedents de diferents mostres i investigadors, partint de que les diferències en la brillantor de fons –color de la matèria primera– solen ser massa grans per fer equiparacions (GRACE et al. 1985: 114). No queda clar si dintre dels problemes integren el dels instruments de captació diferents –microscopis i cameres– i les diferents condicions de presa d’imatges seguides per cada especialista.

En la fase de pre-processament de la imatge cara a la seva quantificació, insisteixen que és necessària una equalització per fer la mostra comparable i discriminar millor característiques discretes. El mecanisme concret consisteix en una posterització a 16 nivells per augmentar contrastos. Per una banda no es pot assimilar “posterització” –l’operació de reduir una gama d’intensitats de llum X a una de menor X' a partir de càlculs de mitja que minimitzen la pèrdua de l’estructuració original de la imatge– a “equalització” –operació que consisteix en la suavització dels contrastos, normalment cara a la normalització de la imatge i per a evitar contrastos no desitjats–. Reduir *a priori* l’escala de grisos, sense un atansament previ que sondegi la informació que aporten els diferents píxels de la imatge original, pot fer que precisament perdem una informació necessària per a la determinació. D’altra banda, si partim d’una base de dades d’imatges tan modificades, no podrem dir mai que aquestes imatges són descriptivament analògiques a allò que observem nosaltres, i en conseqüència no podrem negar que les inferències de l’ús a partir del micropolit són falses com R. Grace i M.H. Newcomer afirmarien més tard (GRACE 1989)³⁹. Si la computadora parteix d’informació parcial, mai no podrà fer inferències correctes sobre l’objecte que carregava tota la informació original.

Més interessant és el concepte d’àrea mínima definitòria: 16x16 micromil·límetres (64x64 píxels). Aquesta seria l’àrea mínima i òptima amb la qual un micropolit concret queda definit respecte els altres.

Fan un càlcul de variabilitat entre superfícies de sílex alterat i superfícies de sílex no usat, com a forma de determinar el punt des del qual es pot parlar de

³⁹ Aquest és el famós article sobre els tests cecs i on planteja obertament el problema dels *overlapping*s, que es pot traduir com “solapaments”. En aquest treball R. Grace declara la seva pèrdua de fe en el valor diagnòstic del micropolit en la dilucidació de l’ús dels instruments lítics arqueològics.

diferències. Caldria saber però si l'obertura del diafragma i el temps d'exposició de la imatge era el mateix en tots els casos, cosa que trobo dubtosa donat que no entenc com solucionarien els problemes de saturació. Suposo que la intenció d'aquesta distinció més que diferenciar entre polit i no-polit, cosa evident d'estúpida comprovació, és de tenir un referent objectiu de en què es basa aquesta diferència i per determinar un "punt zero" amb el qual es determini allò que mai pot ser confós amb micropolit⁴⁰.

L'equació concreta és l'arrel quadrada de la suma de les diferències quadrades entre les corresponents freqüències en el nivell de grisos dividit pel nombre de nivells de grisos, aplicada per interpretar la desviació de la corba dels histogrames.

En darrer terme desenvolupa una aplicació a partir de la textura real, és a dir, buscant co-ocurrències en el nivell de grisos a nivell espacial per a tots i cadascun dels píxels de la quadrícula que conformen la imatge. Les diferències de textura eren més evidents a petita escala segons el seu estudi; això serà posteriorment recurrentment comprovat. Em refereixo als treball de J.J. Ibáñez i J.E. González (GONZÁLEZ, IBÁÑEZ 2003) per una banda, així com també per A. Bietti (BIETTI 1996). Amb tot, el resultat final resulta una mica pobre; el programa pot distingir entre polit i no-polit, però prou malament entre polits. El quadriculat sembla que és de 4x4 píxels, però recordem que els valors de grisos són 16 ara.

Combina els resultats de l'estadística d'histogrames i de l'estadística de textura i sembla que el resultat global, per al poc nombre de casos que integra, és un mica pobre. Val a dir, per exemple, que de pell i de banya només hi ha un cas.

Tanmateix, els autors se senten satisfets, donat que més que intentar crear un sistema de classificació per al micropolit, allò que pretenien amb aquest treball era testar tècniques per descobrir la natura de les característiques del polit. L'objectiu és millorar els criteris de classificació convencionals per accelerar el procés d'aprenentatge i diagnosi de les traces d'ús. Per la meua banda, crec que la metodologia no s'adapta a aquesta finalitat. El problema principal l'adscriu a que els mètodes de quantificar la textura de l'ordinador a partir de la imatge digital no són analògics als emprats per l'investigador en les anàlisis convencionals, amb la qual cosa no entenc com es pot

⁴⁰ Com bé explico posteriorment en el subcapítol 3·2·3, jo entomo aquesta problema definint un punt zero "ideal", que seria la imatge on després d'aplicar un *density slice* de 0-120 no es generés cap tixel en tota la quadrícula. Com això és una situació ideal difícilment assolible, doncs sempre podem trobar una imatge amb impureses o amb cristalls reflectants que ens distorsionen l'escala lumínica general, definim aquest punt zero idealment i de forma aproximativa al que un test provisional ens ha mostrat. Per altra banda assumim un nombre mínim de téxels que no responen a l'ús com "soroll" tal com se l'entén en les tècniques de digitalització d'imatges.

ajudar el mètode convencional si aquest punt d'encontre procedimental no es dona (GRACE et al. 1987: 69).

El següent treball que comento en aquestes línies és molt similar. Ataca primer que res el tema de la textura sota termes i esquemes similars al de l'article anterior i amb els mateixos gràfics. Amb tot el procediment funciona una mica diferent. Continuen fent anar el còmput del *CON statistic*, però afegeixen el còmput del *ASM (Angular Second Moment)* que és una mesura de l'homogeneïtat de la imatge. El CON és una mesura que avalua com les puntuacions altes es concentren al llarg de la diagonal, donant un valor 0 per al cas d'una imatge homogènia; és a dir és una mesura de dispersió, amb la qual cosa podem inferir que la relació entre els dos còmputs ha de ser proporcional d'una forma o altra, comesurables. Resulta, però, que la relació que hi ha entre tots dos còmputs no és proporcional com es desprèn de les figures que al llarg del text mostren la dispersió dels casos ficant en relació totes dues variables.

En aquest article, se suposa que en funció del fracàs –o èxit limitat– de les discriminacions entre usos en els seus resultats computacionals, plantegen el problema de l'encavalcament de polits de diferents ús en funció d'un temps d'ús diferencial (GRACE et al. 1985: 118). També se n'adonen que crear un punt zero teòric a partir de les imatges no usades pot ser problemàtic, donat que aquestes poden portar a confusió en segons quins casos (GRACE et al. 1985: 118). Cauen en el compte que el factor “cinemàtica” de la peça té molt a veure en la conformació de la textura del micropolit; fins llavors –però en treballs d'altres autors molt més tardans– l'únic factor que es tenia en compte era “matèria treballada” (GRACE et al. 1985: 118).

En defensa de R. Grace i la limitació dels resultats que obté en els seus treballs, vull dir que les tècniques de digitalització d'imatges d'aquell moment no donaven per a més. Però aquest és el mateix argument que vull emprar per atacar la seva postura vers les anàlisis de traces d'ús en general i contra la possibilitat de fer inferències d'ús a partir del micropolit, atacs que argumenta a partir dels resultats obtinguts a partir dels resultats dels seus estudis quantitius. Degut al baix nivell de certitud que tenien aquestes tècniques en aquell moment, era una mica absurd creure que amb els seus resultats es podien negar o afirmar els resultats que fins aleshores s'havien donat des de les anàlisis convencionals. Encara més, ni en el nivell actual de desenvolupament de les tècniques de digitalització d'imatges, podríem negar o afirmar res al respecte de la certitud inferencial de les traces d'ús pel fet que amb els nostres càlculs no reeixissin resultats discriminants. Per una banda, el mètode d'anàlisi i classificació biològic és

molt més perfecte que no el digital; però el que és més important és que una forma d'operar i altra no són exactament analògiques, malgrat que la forma d'operar convencional ens pugui servir de model i inspirar el disseny computeritzat.

La fe cega de R. Grace en les tècniques computacionals –la qual va saber transmetre als seus amics de la University of London– parla ben poc a favor de la seva formació teòrica en anàlisi de traces d'ús. Qualsevol resultat obtingut amb un computador condicionava la seva apreciació de les anàlisis de traces d'ús i de les traces d'ús mateixes, quan en realitat els errors li haguessin hagut de fer avaluar si estava en el camí correcte respecte a l'ús de les tècniques de quantificació que emprava.

La darrera aplicació que volia comentar signada per R. Grace –malgrat que el treball possiblement sigui més autoria de D. Rees, que signa primer saltant-se el que hauria de ser l'ordre de llista alfabètic– és el que tracta sobre la dimensió fractal de les traces d'ús a partir de les imatges digitalitzades (REES et al. 1988). Un problema de les matemàtiques fractals, així com de totes les matemàtiques de sistemes no-lineals, és la manca de transparència que les caracteritza⁴¹. Aquest problema s'agreuja encara més per la ignorància matemàtica que patim la major part dels arqueòlegs, amb dèficits de formació importants al respecte.

Sabent de la ignorància supina del públic vers el tema, els autors fan uns cinc cèntims de la teoria fractal que certament és útil com a introducció. L'adjectiu “fractal” s'aplica a fenòmens amb distribucions espacials que posseeixen auto-similaritat; és a dir, una equivalència estadística entre fluctuacions de petita i gran escala en un patró donat. Molt patrons en el món natural mostren aquest tipus de fenomenologia, representada per propietats geomètriques irregulars.

Parteixen de la hipòtesi de què si el processos d'erosió a la natura són fractals⁴² el mateix s'ha de donar en el micropolit, donat que la natura del seu procés de formació també és erosiva. Indirectament, és presa per bona la hipòtesi de formació del polit per abrasió, tot i que segur que un procés com la formació del polit per gel de sílice en els termes que és entès també hauria de donar com a resultat estructures geomètriques fractals.

⁴¹ Manca de transparència ve a referir a quan malgrat que ens trobem una regularitat-recurrència en el resultat, no sabem a ciència certa a què respon només que teòricament.

⁴² L'erosió i d'altres processos, més que “ser” fractals, es poden representar o tenen un comportament fractal. Sent acurats en el llenguatge i sense jugar a fer metàfores que confonen més que altra cosa, haurien de dir que es poden ajustar a uns determinats models matemàtics. Insistiré en aquest aspecte.

Sobre el procediment de la matemàtica fractal, hi ha una concepció amb implicacions gnoseològiques al darrera: *“fractal dimensionality is linked to human perception of natural texture”* (REES et al. 1988: 178); més endalt ja havien introduït la frase amb *“fractal analysis of surface images is that fractal dimension has been found to be very highly correlated to subjective estimates of surface roughness”* (PENTLAND 1984: 661-674). S’assumeix que hi ha una analogia entre percepció humana i procediment fractal, cosa que se suposa que pot ajudar útilment a una tècnica tan condicionada per la percepció com són les anàlisis de traces d’ús.

Els objectius del treball són comprovar si la natura de les superfícies polides i no polides és de caràcter fractal i si la dimensió fractal apareix caracteritzant superfícies naturals del sílex no alterades per ús. Més concretament, la dimensió fractal és un paràmetre que referiria a la rugositat aparent del patró de textura. Em sembla que un problema és que les imatges que van emprar incloïen àrees polides i no-polides (REES et al. 1988: 179); llavors no crec que realment s’analitzi la dimensió fractal del micropolit exclusivament, sinó tota la seva superfície emmarcada en la imatge.

En darrera instància els autors es consideren plenament satisfets, donat que troben que totes les imatges tenen una dimensió fractal, o sigui que hi ha una constant estructural passant per diversos canvis d’escala. Es detecten diferències en les dimensions fractals entre àrees polides i no-polides i aquestes són diferents segons el tipus de micropolit; és a dir, diferents depenent de la matèria treballada. Val a dir que la dimensió fractal no se cercava en la imatge pròpiament, sinó que volen trobar canvis d’intensitat de la llum a diferents escales; és a dir, no busquen la dimensió fractal de les formes i estructures en la imatge, que és el que realment ens interessa.

Tot plegat, segons ells, existeixen expectatives de trobar correlacions entre dimensions fractals i matèries treballades cara a fer un estudi amb una mostra de treball molt més àmplia. La base de dades amb la que han treballat la reconeixen com a massa reduïda i consistia en una imatge per cas d’ús, amb la qual cosa no es pot saber si la dimensió fractal corresponia a la imatge concreta o estava en relació a l’ús que representava la imatge. En altres paraules, no podem saber si hi ha una “recurrencia fractal” per a cada tipus d’ús que ens ajudi a distingir-lo, doncs les diferències entre les imatges poden ser ben bé degudes a diferències entre casos particulars més enllà de la categoria a la qual els adscriuim; és a dir, la mostra és massa reduïda per categories per considerar els resultats robustos, fiables i significatius.

Els autors prometen continuar treballant, però val a dir que quasi vint anys després no hem tingut cap nova notícia al respecte. El tema no ha tingut cap continuïtat, ja que el propi R. Grace, en el seu manual d'un any després (GRACE 1989), ni tan sols esmenta aquest treball que va signar –val a dir que en darrer terme del llistat d'autors, cosa que fa dubtar una autoria real *de facto*.

Paradoxalment, aquest treball ha causat sensació entre els analistes de traces d'ús i s'ha citat abastament, atorgant-li una credibilitat que no dubto a posar entre cometes. La teoria fractal implica que un objecte a gran escala és la reiteració d'una estructura geomètrica extremadament simple seguint una projecció matemàtica no-lineal, expressable sota la forma d'una sèrie d'algorismes donats. Implica a processos de formació hipercomplexes –molt corrents en la natura– que provoquen distribucions homogènies isotròpiques. Això que sembla tan espectacular i un gran descobriment porta a que pràcticament la totalitat dels processos físics de la natura comporten fenòmens que es poden entendre des de la matemàtica fractal, tots els objectes de la natura en alguna escala d'anàlisi o en vàries tenen una dimensió fractal.

Això no implica que haguem de donar entitat ontològica a les matemàtiques fractals. El propi B. Mandelbrot –pare oficial de la matemàtica fractal, tot i haver antecedents que arriben fins al segle XIX–, en la introducció de l'edició espanyola de la *opera prima* sobre el tema (MANDELBROT 1987: 13; T.O. 1975), defineix la matemàtica fractal com una geometria òptima per representar fenòmens ocorreguts en geomorfologia, astronomia o dintre de la Teoria de la Turbulència. Llavors, en quan a geometria que és, seria més aviat un mètode de representació allò a què refereix, i no una eina per explicar la ontologia dels fenòmens naturals. Especifico això, perquè és recurrent trobar en treballs diversos sobre fractals o que es refereixen a ells, aquesta mena d'implicacions vers la Realitat.

Tanmateix, si es llegeix entre línies l'obra citada de B. Mandelbrot, sí que es nota que li dona una certa càrrega ontològica al concepte d'objecte fractal, el qual es correspondria a aquell objecte que es pot representar amb geometria fractal i, per extensió, mai amb geometria euclidiana. El sil·logisme lògic que relaciona Representació i Realitat no és més altre que si un objecte es representa d'una forma més exacta a tal com és amb tal mètode, els mecanismes del mètode ens donen la clau de l'estructura de la Realitat. Això epistemològicament i metafísicament no és assumible, partint simplement de principis bàsics de teoria del coneixement i de la representació de

models (ESTANY 2001; BATE 1998; VV.AA. 1977; GÁNDARA 1987; GORTARI 1965); Representació i Realitat, tot i ser comesurables, no s'identifiquen.

L'etimologia del neologisme *fractal*, inventat per B. Mandelbrot, deriva de la paraula llatina *fractus* (= interromput, irregular) (MANDELBROT 1987: 13; T.O. 1975). Llavors un “objecte fractal” serà aquell objecte natural que té una estructura irregular i/o interrompuda; és a dir, en alguna escala d'observació o vàries, la immensa majoria del conjunt d'objectes naturals⁴³.

Els objectes fractals tenen construccions dominades per l'atzar (MANDELBROT 1987: 14; T.O. 1975). El paràmetre definidor de l'objecte fractal és la “dimensió fractal D”, índex del grau intrínsec d'irregularitat i interrupció. El valor que pot prendre pot ser fraccional o corresponent a un nombre irracional.

B. Mandelbrot reconeix que part de la inspiració per crear la geometria fractal ve de la Teoria del Caos, citant el concepte de “Caos” definit el 1920 per Norbert Wiener, relacionat amb la construcció del model probabilístic del moviment brownià (MANDELBROT 1987: 17; T.O. 1975). “Caos”, més enllà de l'Apocalipsi que inevitablement ens evoca en el nostre imaginari, és una forma extrema del desordre natural; és a dir, que l'hem pogut experimentar visionant per exemple una simple tempesta elèctrica d'estiu –per ser sensacionalistes en l'exemple–. Les formes de la geometria natural –del “Caos”– són deficientment representades per la geometria euclidiana. B. Mandelbrot vol solucionar aquest dèficit de la geometria euclidiana mitjançant la geometria fractal, que en lloc d'operar amb fórmules linials opera amb algorismes no-linials més acords als fenòmens naturals. La geometria fractal està així dissenyada per descriure el “Caos” en la natura. Tanmateix, defineix la seva geometria com un “ordre fractal”, entremig del caos de la natura i l'excés d'ordre de la geometria euclidiana (MANDELBROT 1987: 18; T.O. 1975).

Una pregunta que sorgeix, davant d'aquest batibull conceptual creat amb la generació de nous conceptes, és què significa “irregularitat”. A quin nivell conceptual, però també a quina escala d'observació, ens referim quan parlem d’“irregularitat”? En el camp de l'observació de les traces d'ús és una pregunta molt pertinent. Si tenim en compte els augments amb els quals durem a terme l'anàlisi entendrem en què consisteix el dilema. Si l'afirmació de què les traces d'ús són un objecte fractal impliqués que a diferents canvis d'escala en la Realitat es mantingués una autosimilaritat estructural de

⁴³ Una altra definició de l'objecte fractal és la d'uns conjunts que són suficientment continus i irregulars al llarg del temps ni de l'espai.

l'objecte ens trobaríem amb la contradicció que a diferents augments –en altres paraules a diferents escales d'observació– l'aparença i la variabilitat de l'objecte –del micropolit– seria la mateixa... i sabem perfectament que això no és així en absolut.

L'autosimilaritat és una recurrència **matemàtica** en referència a l'objecte creat mitjançant l'algorisme aplicat, que es pot semblar o no a un objecte real a una determinada escala. No implica una autosimilaritat en tots els aspectes de l'objecte real a diferents escales i en el cas de tots els objectes naturals. És a dir, l'autosimilaritat d'una imatge de micropolit a una escala determinada –posem a $\times 200$ – i l'autosimilaritat d'una altra imatge de micropolit a una altra escala –posem a $\times 2000$ – no implica necessàriament que l'autosimilaritat estigui expressada sota la mateixa dimensió fractal; quan augmentem l'escala de detall obtenim diferent informació a representar. Hi ha objectes de la natura que en canvis d'escala en l'objecte real sí que existeix una autosimilaritat (p.e. veure casos a MANDELBROT 1987; T.O. 1975)⁴⁴.

Per una altra banda, la irregularitat ens pot interessar o no depenent d'allò que vulguem estudiar de l'objecte o com vulguem actuar sobre ell. Per exemple, en anàlisis de traces d'ús volem trobar recurrències, recurrències que no són incompatibles amb el fet que hi hagi un nivell d'irregularitat intrínsec. Com el propi B. Mandelbrot explicita, podem trobar “ordre” en el “caos”⁴⁵. A part que la irregularitat depèn del nivell d'observació a què actuem, dins del mateix nivell d'observació la irregularitat també és relativa i depèn de la perspectiva (MANDELBROT 1987: 21-22; T.O. 1975).

Per altra banda, en el camp de les anàlisis de traces d'ús fer-se preguntes del tipus “*Quant mesura la costa de Bretanya?*” (MANDELBROT 1987: 27; T.O. 1975) i sobre allò infinitesimal és anar cara a un col·lapse de coneixement de conseqüències nefastes. La qualitat infinitesimal és un fet intrínsec als objectes naturals, no simplement de la línia de costes, ben segur que de les traces d'ús. Alguns poden pensar en conseqüència que quan sota més augments estiguin fetes les observacions, més qualitat de la informació aportada. Però la simple solució –és ben antiga– passa per trobar criteris de mesura i anàlisi constants.

⁴⁴ Per aclarir llavors que és el que ocorre, afegiré que l'auto-similaritat de la matemàtica fractal és un efecte il·lusori per la recurrència de la irregularitat matemàtica d'un objecte des d'un nivell d'observació donat a d'altres. Succeeixin llavors efectes com el de la illa de Mandelbrot, on la forma que primera que trobem per l'objecte es torna a repetir a petita escala. Això rarament ocorre a la natura.

⁴⁵ Aquest “caos” és absolutament **determinista**, en el que aparentment hi ha una certa regularitat, i pot donar l'aparença d'una certa predictibilitat.

Amb els darrers paràgrafs el lector d'ull viu pot percebre algunes inconsistències teòriques del model de B. Mandelbrot. Jo, per la meua banda, si més no considero que existeix una inconsistència en l'ús de la semàntica. S'entra en algun joc de paraules, com contradiccions a l'estil de “irregularitat sistemàtica” (MANDELBROT 1987: 34; T.O. 1975); si quelcom és “sistemàtic” no pot ser “irregular”, la irregularitat que podem percebre és una il·lusió. Si un objecte natural en les seves representacions segueix un patró clar i té eixos de simetria no ho podem considerar irregular parlant en propietat (p.e. veure figures de MANDELBROT 1987: 42-43; T.O. 1975)⁴⁶.

M. Guzmán, M.A. Martín, M. Morán i M. Reyes –especialistes en l'ús de la geometria fractal– fan una sèrie de reflexions en la mateixa línia a què jo apuntava (GUZMÁN et al. 1993). Són ben explícits en la pròpia definició de fractals: “*objetos matemáticos encuadrados en el campo de la teoría geométrica de la medida cuya delimitación exacta y definitiva está aún por establecer*”. Remarquen especialment la natura matemàtica de l'objecte fractal, que en conseqüència l'hem d'entendre com un ens abstracte, no real (GUZMÁN et al. 1993: IX).

Més avall afirmen que un fractal ve a ser el producte final que s'origina a través de la iteració infinita d'un procés geomètric ben especificat⁴⁷. Aquest procés geomètric elemental, que és generalment de natura molt simple, determina perfectament l'estructura final, que molt freqüentment, degut a la repetició infinita que s'ha efectuat, té una complicació aparent extraordinària. Aquests procediments són útils per “modelitzar” i “explorar” fenòmens de la natura, la complexitat dels quals té l'origen en la repetició infinita de processos elementals molts simples.

Totes aquestes apreciacions de prudència respecte a les nostres expectatives condueixen a afirmar que els fractals s'han tractat d'una forma sensacionalista i exagerada sobre allò que implica, amb una perspectiva més “mediàtica” que científica (GUZMÁN et al. 1993: XI)⁴⁸. Tot seguit, els autors reconeixen que l'interès pels

⁴⁶ No volent qüestionar el valor de la geometria fractal, sí que vull parlar esment sobre el perill que els jocs de paraules poden comportar en la nostra concepció del món, extraient implicacions ontològiques ben falses sobre aquells objectes reals a què refereix el discurs. Aquests problemes conceptuals estarien relacionats amb l'ús lícit d'uns conjunts semàntics específics de la teoria de partida, que com a específics tenen un significat molt concret comprensible dintre del propi marc teòric, malgrat que nosaltres –profans en la matèria– n'entenguem un altre, més relacionat amb l'accepció més quotidiana del terme, accepció condicionada per l'imaginari –“infantil” potser?– immediat del llenguatge corrent.

⁴⁷ I d'aquí l'efecte de les Illes de Mandelbrot!

⁴⁸ Jo afegiria que això ha provocat, a part d'una frivolitat, una falsa concepció sobre allò que realment són els fractals, atorgant-los-hi unes implicacions ontològiques falses que lligant-se amb la falsa concepció

fractals és ben terraqui. També reconeixen que els avanços en computació dels darrers anys tenen molt a veure en el desenvolupament de les aplicacions amb matemàtica fractal, donat que els complexos càlculs que impliquen ara són possibles a més de forma ràpida i funcional. Allò que abans eren experiments mentals, ara es poden materialitzar tranquil·lament. De fet ja hem apuntat que els precedents d'aquesta matemàtica se'n van al final del segle XIX (MANDELBROT 1987; T.O. 1975).

La dicotomia entre geometria fractal vs. geometria euclidiana se suavitza, començant per un canvi semàntic: ara se les prefereix denominar com geometria fractal i geometria diferenciable. La diferenciable –o euclidiana– tracta amb figures de geometria on la recta i els punts estan en la base de construcció. Per altra banda, es presenta el problema de l'escala: mentre que la Lluna o un planeta són rodons a gran escala i representables euclidianament, a petita escala aquesta afirmació no és certa i es necessita una altra geometria per representar aquesta realitat.

En definitiva, es reconeix que la geometria fractal és fonamentalment funcional, instrumental, i que el seu cos teòric pateix una sèrie de problemes. Hi ha hagut una desconexió massa gran entre B. Mandelbrot, el teòric, i aquells que han aplicat allò que ha dit, havent uns grans problemes de concepció general, amb idees que són operatives però que estan mancades de fonament teòric. S'explicita clarament què es vol dir quan s'afirma que tal o altre objecte natural és un "fractal": simplement que es representable des de la matemàtica de la geometria fractal, sense més implicacions ontològiques (GUZMÁN et al. 1993: 53). D'aquesta forma, identificant objecte fractal com la possibilitat de que un objecte sigui representat per geometria fractal, en la Realitat estricta **no existeixen** fractals, com tampoc existeixen rectes o esferes perfectes.

La Realitat Virtual per computador pot ser un camp d'aplicació de la geometria fractal, on les seves possibilitats poden ser explotades al màxim. Així mateix en els *Geographic Information Systems* –els GIS o SIG– i els *Triangulated Irregular Network*

quotidiana que es té sobre el Principi d'Indeterminació de Heisenberg i a la Teoria del Caos, lligant-se amb les tesis post-modernes i els neo-budismes i orientalismes varis occidentals –els quals per sort sembla que darrerament s'estan passant de moda– i tergiversats entre altres coses més, han emmerdat el panorama de la ciència fins a conseqüències que impliquen la manca de creença en la Realitat i el col·lapse dels principis racionals.

Més enllà de l'eterna "confusió idealista" entre Idea i Realitat, les causes profundes d'aquesta pixada fora de test són que la mateixa dificultat de comprendre aquestes teories –vinculades a una matemàtica complexíssima– ha portat a l'ignorant vers una reinterpretació d'aquestes més "religiosa" –ni tan sols mística– que científica. Des de fora l'àmbit de la matemàtica se li ha atorgat la categoria d'una matemàtica capaç de definir tot allò indefinible, i val a dir que la mala literatura dels científics implicats en l'elaboració de les teories no ha ajudat gaire a comprendre-les, per no parlar de la nefasta divulgació i les "llegendes urbanes" sorgides arran de la concepció errònia.

–els TIN–, amb aplicacions a l'Arqueologia (per ex. TRAVET 2001). Per veure les aplicacions més artístiques que permet la geometria fractal refereixo a un article de G.B. Vico (VICO 1991: 82-168). Les tècniques de representació 3D, amb la creació de paisatges naturals i textures realistes en diferents escales d'observació, fa palesa una aplicació comercial molt clara –jocs d'ordinador, Realitat Virtual, disseny gràfic, art multimèdia,...– i també militar –espionatge, desinformació mediàtica,...–. En l'article de G.B. Vico s'agraeix que el llenguatge que s'empra és en aquests termes entenedors i sense subterfugis científics.

Tornant a l'aplicació de D. Rees i R. Grace sobre la determinació d'imatges de micropolit com a objectes fractals, primer que res vull apuntar que des de llavors la geometria fractal ha tingut tal desenvolupament que el treball queda desfasat. En segona instància, però més important: què implica l'esbrinar que el micropolit és un objecte fractal? En relació a la creació de coneixement respecte al micropolit **res**. Com hem vist la major part d'objectes naturals, formats a partir de processos de la natura caòtics –en l'accepció tècnica del terme–, tenen una estructura representable sota la geometria fractal i així mateix posseeixen una dimensió fractal. Com a conseqüència podem afirmar que el fet d'afirmar que el micropolit és un objecte fractal és una tautologia. A banda d'això, el problema real és que aquesta dimensió fractal no ens pot ajudar de cap de les maneres a classificar entre polits amb diferent ús, menys si aquesta dimensió fractal no fos recurrent en totes les imatges de micropolit que prenguem i tractem posteriorment⁴⁹.

Val a dir, que durant els 80 del segle XX, amb la potenciació dels mètodes fractals, va esclatar una moda per trobar la dimensió fractal de tot objecte i per haver, la majoria de vegades sense cap objectiu clar i sense cap finalitat pràctica. Afortunadament i com bé observa B. Mandelbrot, el caos s'ordena amb el pas del temps i ja als 90 del segle XX, i ara com ara, les aplicacions de la geometria fractal s'han reduït als camps on vertaderament són útils.

El darrer treball signat pròpiament per R. Grace dut a terme per mor de l'objectivació de les anàlisis de traces d'ús –llegeixis principalment “micropolit”– és en relació a la creació d'un Sistema Expert (GRACE 1993). Abans de comentar el treball

⁴⁹ Això en traces d'ús pot resultar desesperant, doncs es pot assumir que cada traça és un procés físic particular i per tant cada traça serà diferent. Tot i que hi hagi una certa predictibilitat en el tipus de traça, cada traça sempre serà diferent; és a dir, la irregularitat –entesa com a concepte– és constant, però en cada cas concret la irregularitat serà diferent, per tant la geometria fractal podrà representar acuradament cada cas, però no servirà en cap cas per generalitzar en categories d'ús.

concret, vull deixar clar un aspecte respecte als Sistemes Experts, sobre els qual hi ha una enorme confusió: els Sistemes Experts són mètodes de classificació qualitatiu⁵⁰, mai quantitatiu com a sovint se'ls té. La confusió respecte a ells no sé si la he d'identificar amb que són sistemes que funcionen mitjançant computador, o amb que els qui els usen són gent que normalment es dediquen a la quantificació (BARCELÓ 1996b; VAN DEN DRIES 1994, 1998; GRACE 1993), o a simple ignorància per deformació professional humanista.

El funcionament del Sistemes Experts és molt més simple del que en un principi aparenten. Aquest es basa per la successió d'una sintaxi condicional amb un seguit de proposicions tipus *IF...THEN...* (*SI...LLAVORS...*). Els sil·logismes poden ser més complexos, afegint conjuncions *AND* (*I*) per construir sil·logismes més complets. Els complements semàntics per al funcionament dels sil·logismes són extrets pel sistema fent preguntes a l'usuari, que introduirà les respostes que es convertiran en les dades amb què jugarà el sistema. Seguidament, el sistema va fent un recompte de punts segons quin sigui el resultat de cada sil·logisme, el qual té un pes en funció del seu potencial diagnòstic en funció de quin sigui l'atribut a què respon. Els criteris per dir que uns atributs són més diagnòstics que altres són d'allò més subjectiu possible, determinats prèviament pel programador (GRACE 1993: 393). Amb tot, això no ha de suposar un problema si els criteris previs per determinar els pesos dels sil·logismes en cadascun dels passos han estat els correctes, mitjançant un estudi previ de sondeig sobre el valor diagnòstic de les traces d'ús.

Tant R. Grace com M.H. van den Dries presenten els Sistemes Experts com a eines didàctiques per a l'aprenentatge de les anàlisis de traces d'ús, aportant una organització procedimental al procés d'observació i interpretació. Sense deixar de reconèixer la utilitat del sistema, crec que és una limitació ben important el fet del funcionament a partir de variables –traces i els seus atributs– de base qualitativa. Per minoritzar aquest factor de risc en la determinació, M.H. van den Dries nodreix el seu programa d'una galeria d'imatges per facilitar els criteris de decisió de l'usuari (VAN DEN DRIES 1998). Per altra banda la mateixa autora suggereix l'ús combinat d'una Xarxa Neural –la que ella mateixa va implementar i de la qual ja hem parlat anteriorment– amb el Sistema Expert, com una forma de guanyar potència de diagnosi.

⁵⁰ A. Bietti en algun moment també fa aquesta apreciació (BIETTI et al. 1994). Per un treball entenedor de Sistemes Experts per arqueòlegs llegir "*Arqueologia Automàtica*" de J.A. Barceló (BARCELÓ 1996b).

S'afirma que els Sistemes Experts són útils per processar munts de dades de difícil síntesi en la ment humana. Malgrat tot, hem de tenir en compte que el sistema és dissenyat prèviament per un humà que acabarà obligant a la màquina a “prejutjar” sota els seus criteris. (GRACE 1993: 390). Estem en les mateixes que abans: en l'anàlisi subjectiva. Això, com molt bé ens pot fer intuir, fa que per a l'ús òptim del Sistema Expert siguem capaços de reconèixer la traça d'ús com allò que és i sota el mateix atribut pertinent per inserir la nostra apreciació dintre dels circuits computeritzats. Per una banda, un es pot preguntar quina és la utilitat del programa si prèviament, per poder-lo fer anar, hem de saber reconèixer les traces per poder així inserir les variables pertinents, cara a que el sistema ens doni la resposta correcta. Com en les Xarxes Neurals que comentàvem anteriorment (BARCELÓ et al. 2000, VAN DEN DRIES 1998), el sistema acabarà responant a partir d'allò que nosaltres ja sabíem, o millor dit en funció d'allò que nosaltres li hem introduït –sense assumir que de partida nosaltres sapiguem res.

Suposo que R. Grace, conscient i avisat per altres traceòlegs sobre aquestes apreciacions, va haver de trobar altres justificants que fessin imprescindibles els Sistemes Experts. Així, segons ell l'ús dels Sistemes Experts ha millorat la metodologia en els aspectes de 1) incrementar l'exactitud en l'anàlisi, 2) reduir el temps requerit per l'anàlisi, 3) incrementar la consistència i estandardització, pel que fa a la metodologia d'observació, i 4) reduir el temps d'aprenentatge, en acumular en un programa l'experiència de molts anys d'investigació; com ja hem apuntat una finalitat eminentment pedagògica. Com es veu, unes apreciacions molt optimistes veient ara com ara com estem en anàlisis de traces d'ús.

Els sistemes experts no ajudaran a operar amb la diagnosi d'ús d'una forma més objectiva i ell mateix ho afirma en algun moment (GRACE 1993: 390). Potser l'únic és que els criteris són més explícits, però això no implica que siguin més certs. La intrusió de dades sempre és a base de preguntes a contestar sota criteris certament subjectius. Val a dir que en el sistema s'ha introduït una base de dades amb exemples per ajudar a la decisió de l'usuari; però tots sabem que les fotografies, microscòpiques majorment, de traces d'ús requereixen un aprenentatge per saber-les interpretar, sent inútils per ajudar a la diagnosi al neòfit. A més, si pretenem que l'eina sigui didàctica, no podem donar uns criteris de valoració difícils de comprendre a què atenen (GRACE 1993: 392, fig. 1): Què és “*topography flat*” per al neòfit que no ha vist en sa vida una traça? Jo, tot i amb un cert nivell d'experiència, no ho sé ben bé.

En definitiva, crec que la utilitat dels Sistemes Experts que s'han implementat en anàlisis de traces d'ús és limitada. No ens deslliguem en absolut de l'anàlisi convencional i de l'anàlisi qualitativa intra-subjectiva, amb totes les conseqüències que això comporta⁵¹.

Per anar tancant els comentaris sobre el treball de R. Grace, val a dir que en els seus escrits o en aquells que col·labora, es fa palès un alt control i coneixement de les tècniques quantitatives de les que fa ús. Els problemes dels seus treballs estan més aviat relacionats amb una manca de reflexió de l'objecte d'estudi que són les traces d'ús i del procés d'anàlisi convencional que emprem per fer inferències a partir d'elles. Uns cops es menysté el procediment convencional –per subjectiu i qualitatiu– i altres es recorre a ell amb la finalitat d'extreure elements d'un coneixement previ que resulten erronis epistemològicament, com a base per als estudis quantitius que ell pretén fer –com el recurs al concepte de “brillantor del micropolit”–. Les pròpies traces d'ús s'entenen com en les anàlisis convencionals –estries, escantells, micropolit,...– sense adonar-se que la seva entitat és únicament conceptual; llavors, en conseqüència, sorgeixen problemes a l'hora de voler-los implementar en les imatges digitals.

Per altra banda, la manca de plantejament teòric pertinent porta a un batibull en allò que es pretén quantificar. No sembla clar quan es quantifica una variable –atribut– què es vol inferir a partir d'ella i s'acaba quantificant tot allò que pugui ser quantificable, tot i que possiblement estigui de més fer-ho per tenir uns resultats satisfactoris. No hi ha un control de variables en els diversos experiments que du a terme, ni es fan valoracions dels seus valors explicatius aïllats. En alguns casos, acaba donant-se la quantificació per la quantificació (GRACE 1989).

Un altre problema és el de confiar excessivament en els resultats d'unes tècniques computacionals que per aquelles èpoques eren ben limitades. Acaba donant més importància al fet de quantificar, amb un interès *per se* implícit, que no als problemes metodològics de les anàlisis traces d'ús. En definitiva, la manca d'una teoria

⁵¹ R. Grace implementa un altre sistema expert per a classificació tipològica (LITHAN) però són figures d'un altre paner. Amb tot es podria afegir que per a aquesta finalitat tampoc estaria tan malament, donat que al ser el mètode tipològic netament subjectiu en essència no ve d'aquí emprar un mètode igual de subjectiu de classificació que a més funciona per adscripcions qualitatives tancades.

Les informacions obtingudes d'us i altres programa es poden integrar en un programa/base de dades anomenat LITHICS, amb el qual es poden fer estadístiques i demés. La cosa va de fer correlacions de forma/funció.

Hipotetitzo en un futur poder integrar informació espacial per poder fer inferències d'activitats en l'assentament. Tot això pot estar molt bé com eina de treball, però no afegeix per res del món cap tipus d'objectivitat en els resultats.

de partida pertinent provoca que la tècnica –fins i tot el simple ús de l'eina d'investigació– siguin més importants que els objectius gnoseològics i epistemològics respecte a la ontologia de les traces d'ús. Dit en altres paraules, no hi ha una estructuració guiada de l'estudi, anant per una banda les traces d'ús i les tècniques de quantificació per una altra. Això es fa palès en la manca de continuïtat que els treballs de R. Grace tenen entre ells, passant de l'ús d'una tècnica i procediment quantitatiu a un altre abans d'haver solucionat els problemes del primer, que ni tan sols són identificats en les seves causes per la manca d'un cos teòric al qual recórrer i a partir del qual plantejar hipòtesis sobre el per què dels errors i problemes de classificació. Molt en contra d'això, acaba conclouent que la màquina té la raó i que els qui ens equivoquem som els humans analistes de traces d'ús en creure que a partir del micropolític podem discriminar entre usos (NEWCOMER et al. 1986). Això és il·lícit com apunten diversos autors (MOSS 1987; BAMFORTH 1988; HURCOMBE 1988). S. Yamada i A. Sawada apunten que la incapacitat del computador per processar les bases de dades de traces d'ús i obtenir resultat reflecteixen més una mancança del computador que no el fet que les traces d'ús no es puguin distingir diferencialment (YAMADA, SAWADA 1993).

Malgrat tot els escrits signats per R. Grace com apunts tècnics cal qualificar-los com valuosos, bàsicament per allò que representen com a intent d'atansament per lligar les traces d'ús a les tècniques de computació informatitzades. Val a dir que representen un molt bon punt de partida per qualsevol que vulgui treballar el problema de la quantificació en traces d'ús.

A. Bietti és un altre autor que demostra un gran control de les tècniques de computadores, amb treballs sobre temes molt especialitzats com els Sistemes de Reconeixement de Patrons (*Pattern Recognition Systems*) (BIETTI 1993). Val a dir que A. Bietti no és un analista de traces d'ús, amb la qual cosa per desenvolupar els treballs de quantificació aplicada ha hagut de recórrer a les mostres d'imatges d'una analista per poder tenir una base de dades amb la qual articular el programa de quantificació (C. Lemorini a BIETTI et al. 1994). Això és important, donat que al no tenir una formació prèvia en anàlisis de traces d'ús convencionals hi ha una desarticulació de plantejaments que es deixarà sentir en alguns errors de base en l'aplicació, com veurem a continuació.

El primer treball a què farà referència d'A. Bietti és una aplicació informàtica sobre materials lítics, però no sobre les anàlisis de traces d'ús (BIETTI 1985). És un intent d'implementar un *Pattern Recognition System* per a reconeixement de peces lítiques sota criteris tipològics. En general, a tot l'article demostra que domina

sobradament el llenguatge i principis d'aquests sistemes de reconeixement de patrons. El programa concret que utilitza s'anomena *Ispahan*. Considera aquest programa molt més adient en comparació a un paquet estadístic com SPSS, que defineix com programari que permet procediments no-supervisats⁵².

L'*Ispahan* és un programa que s'utilitzava a l'Institut Nacional de Física Nuclear d'Itàlia. Això en principi no ha de generar problemes necessàriament. Tanmateix, val a dir que majorment els programaris estan dissenyats per a tractar amb objectes d'estudi molt concrets de disciplines científiques molt específiques. El programaris no tenen en conseqüència gaire plasticitat a l'hora d'adaptar-se per tractar nous objectes d'estudi⁵³. Tot sembla apuntar, vistos els resultats, que en els treballs d'A. Bietti acaba succeint el mateix.

Com a base que justifica el seu treball, planteja que la irregularitat dels objectes arqueològics provoca una incertitud inesperada en els resultats d'aplicacions computeritzades de sistemes tipus *automatic pattern recognition*. S'acumula un error en la classificació per aquest soroll de fons implícit, cosa que fa necessari un reconeixement continu per part de l'investigador d'allò que la màquina està fent, pas per pas. En cada nou pas de la classificació, l'investigador planteja unes hipòtesis per al següent pas, les quals la màquina ha de reconèixer mitjançant els seus recursos.

Les aplicacions per a les quals ell troba pertinents el mètode són 1) classificacions de caire tipològic i 2) creació de patrons culturals de societats que van des de caçadors-recol·lectors a societats del Bronze i el Ferro

Planteja la descripció dels objectes en termes d'atributs o paràmetres numèrics. Se suposa que a partir d'aquí entén l'objecte com un continu, concepció que hauria de condicionar la necessitat d'una quantificació. El Pattern Recognition seria la recerca i anàlisi d'estructures i regularitats significants en l'espai d'atributs *-features-*. Les estructures són definides com la correlació complexa entre atributs i poden ser el punt de partida per a la formulació d'hipòtesis a comprovar.

⁵² Tot sigui dit, per l'ús que he fet de SPSS puc afirmar que aquesta afirmació d'A. Bietti és massa rotunda i en conseqüència falsa. La plasticitat de SPSS és molt alta i és un paquet estadístic molt útil per tractar dades d'una forma transparent. La supervisió o no supervisió també depèn no sols del funcionament procedimental intern del sistema, sinó que també del disseny previ procedimental que haguem dissenyat.

⁵³ A R. Grace per exemple ja apuntàvem que li ocorrien problemes similars i val a dir que en el present treball he hagut de ser molt hàbil per sortejar aquesta mena de qüestions amb l'NIH 1.6 i altres programes. En el meu cas el programari que he adaptat estava dissenyat per processament de mostres micro-biològiques en el camp de la investigació mèdica.

Planteja el problema de la percepció en la vessant més crua de la interpretació: “*This problem (la percepció humana) has a certain unique fascination to it, because perception is something everyone experiences but no one really understands*” (BIETTI 1985: 205; extret de DUDA, HART 1973)

A. Bietti apunta a la dificultat de crear mecanismes computacionals per reconeixement d’objectes naturals –dificultat que s’estén fins a l’actualitat–. L’alternativa que ell proposa per superar aquestes dificultats és la de dur a terme un sistema de reconeixement guiat, on l’individu humà té un paper protagonista en la supervisió del treball de reconeixement de la màquina.

Segons els seus arguments, aquests mètodes són ideals per a Arqueologia perquè el coneixement *a priori* que tenim generalment sobre els casos sol ser molt vague, cosa que provoca o bé dificultat per trobar estructures entre les dades significants, o la emergència d’estructures no previstes.

A partir d’aquests arguments, A. Bietti sempre es declara partidari dels mètodes de reconeixement de patrons supervisats, tradició que continua fins a l’actualitat.

El treball concret dut a terme consisteix en vàries aplicacions. Els criteris teòrics de base aportats per l’Arqueologia, com podem comprovar, no són gaire innovadors.

En la primera aplicació es vol fer una classificació de peces d’un conjunt lític. Per a tal classificació tipològica s’usen simplement atributs qualitius, malgrat que ell confongui i digui que es combinen qualitius i quantitius –altre cop l’error ja esmentat–. Són variables qualitatives perquè són estrictes, els atributs es defineixen en categories tancades i no contínues dintre d’una escala numèrica, per molt que la referència qualitativa refereixi a alguna cosa en origen numèric –tipus “curt/llarg/mitjà”.

La màquina, com sempre, jutja sobre les dades que l’arqueòleg li ha introduït i les posa en ordre –ordre que existia latentment en l’estructura de les dades–; ja sabem com funcionen les tipologies bordesianes. No juga per res amb imatges, així no reconeix objectes, sinó que descripcions d’aquests. Tot i els criteris predefinitos, ens trobem que la màquina comet errors de classificació que l’investigador va corregint a mesura que avança el procés de classificació. Per identificar les causes d’error no cal més que tenir en compte els criteris que convencionalment se segueixen per adscriure una peça lítica a un tipus, que a part de subjectius poden arribar a ser prou arbitraris, sent normal que es donin encavalcaments continus entre categories en el cas de seguir un procediment unívoc de classificació, com de fet fa el computador, el qual no s’equivoca, sinó que diu la veritat sobre allò que veu. A fi de comptes, és l’investigador qui acaba fent tota la

classificació tipològica dels instruments, barallant-se amb una màquina que no li vol donar la raó de cap de les maneres i que sempre ha d'anar corregint en el seu camí.

A les conclusions del treball reconeix que els errors apareguts obligarien a replantejar la tipologia, donat que molts dels atributs que es prenen per classificar el conjunt lític no són discriminants. Sí que considera que certs atributs defineixen unívocament uns tipus donats.

La segona aplicació que implementa consisteix en una classificació cultural a partir de fàcies dels conjunts lítics classificats tipològicament i definits també per fòssils directors. Altre cop, al final sorgeixen discrepàncies entre el que diu la màquina i la classificació de conjunts donada tradicionalment.

En la tercera aplicació es pretén classificar bronzes a partir de la seva composició química, mitjançant resultats d'anàlisis d'elements traça. Es parteix de la hipòtesi prèvia que una diferència en la composició d'aquests significa que hi ha hagut canvis tecnològics de caràcter temporal, així com també origen divers de matèries primeres en la vessant espacial. És evident que amb el mètode estadístic no es comprova la hipòtesi prèvia ni en positiu ni en negatiu; el que es presenta com hipòtesi és una idea *a priori* resultat d'una concepció, és una hipòtesi d'interpretació, però en això queda posteriorment al processament estadístic. L'únic que hem obtingut és una classificació de bronzes de diferents composició, amb una dispersió sobre la qual la seva interpretació continuaria dintre de l'enigma. Els resultats preliminars indiquen certs canvis espacio-temporals, tal com era d'esperar.

La quarta i darrera aplicació tracta d'Arqueologia de la Mort, sobre tombes inhumades i incineracions on sembla haver-hi un patró sexual i d'edat per a un i altre mètode d'enterrament. Volen comprovar si hi ha una distribució espacial agregada, amb grups consistents que es distingirien pels seus aixovars. La distribució sí que presenta un patró, però això altre cop, si llegim atentament el treball, ja ho sabien abans de començar l'estadística.

Com hem pogut observar, en totes aquestes aplicacions ni s'han usat tècniques de digitalització d'imatge, ni tan sols l'objecte d'estudi i observació eren les traces d'ús. Algú es pot preguntar llavors les raons que m'han fet integrar aquest treball dintre d'aquest apartat de revisió heurística sobre quantificació en anàlisis de traces d'ús; simplement ho he trobat convenient per perfilar la trajectòria d'A. Bietti en el camp de la quantificació en Arqueologia i per ajudar a entendre els comentaris subsegüents.

No serà fins molt més tard que A. Bietti treballi les traces d'ús, de bon principi recorrent a imatges digitals com a bases de dades (BIETTI et al. 1994). L'ús de la nomenclatura específica de les tècniques d'imatges digitals domina el text, amb definicions molt correctes que demostren una àmplia formació al respecte. Parla de la textura i de les seves propietats de forma molt adequada (BIETTI et al. 1994: 184). Afirmar que la clau de l'anàlisi quantitatiu rau en la quantificació de les "propietats de la textura". Ho combina amb l'ús d'un *Pattern Recognition System*, el qual ara funcionaria a partir del reconeixement de les propietats de la textura.

Pel que fa a objectius metodològics en les seves pròpies paraules: "*In this paper we will instead focus our attention on a more extended quantitative analysis of the textural properties: the main scope of the analysis is to produce, for every image, a series of textural features, which are then used as data for standard statistical pattern recognition analyses*" (BIETTI et al. 1994: 184)

Utilitza un paràmetre d'escala que podria relacionar-se amb el concepte de téxel que fem en el nostre treball (veure subcapítol 3·2·2·3), que és D. Se selecciona un píxel a analitzar i els seus píxels veïns a una distància D, la qual pot prendre valors diversos (=1,2,3,...n), amb la qual cosa es perfila una àrea com a unitat d'anàlisi. Això es fa amb tots els píxels de la imatge. Després de diversos testejos, els autors donen una escala òptima d'anàlisi, un valor D donat, en la qual es pot diferenciar millor entre diferents textures de diferents matèries treballades⁵⁴.

La mostra d'imatges potser és massa reduïda –15 imatges– i està massa descompensada entre usos. Els instruments estan elaborats amb el mateix sílex i les imatges estan preses a x200; menys 1 a x400 que a la fi ha resultat classificar-se erròniament. La causa de l'error de classificació és resultat de tenir en compte la variable extensió com a definitiva del micropolit –o de l'àrea de la imatge amb tendència cap al blanc–. En la foto x400 l'extensió apareixia exagerada i en conseqüència la màquina entén que es tracta d'un altre ús. La variable extensió no pot definir mai el micropolit en essència; com a molt el temps o la intensitat d'ús en l'àrea fotografiada. El prendre aquest atribut d'extensió com variable definitiva també ens pot fer pensar que si la màquina va donar una recurrència entre imatges, aquesta no referia a

⁵⁴ En aquest present treball, s'equipararia al téxel òptimament definidor: extensió d'àrea en píxels que és la millor per definir un polit d'un ús concret i distingir-lo d'altres (veure subcapítol 3·2·2·3).

la essència de micropolit, sinó a que en la mostra introduïda totes les imatges tenien la mateixa extensió de micropolit.

Els mateixos reconeixen que l'extensió de l'àrea polida ha pesat molt en la classificació, potser més que no les qualitats intrínseques de la textura de l'àrea polida per a cada ús (BIETTI et al. 1994: 188). Sembla que això no els complau gaire, malgrat que no ho expressen en aquests termes⁵⁵.

S'estudia les imatges amb una computació des de diferents direccions (BIETTI et al. 1994: 184), el qual consisteix en avaluacions de la relació d'un píxel amb els veïns en diverses direccions-eixos cardinals. La mitja i la distribució *–range–* en les quatre direccions són les dades que entren com a *inputs* del sistema. S'analitza la dispersió homogènia/heterogènia de valors en l'escala de grisos dintre del quadre de la imatge. Empren 12 definicions i 11 paràmetres (BIETTI et al. 1994: 185) aplicats per a cadascuna de les quatre direccions que es multipliquen per 2 *–22–* quan s'extreu d'aquests paràmetres la mitja i la distribució lineal. El procediment global del sistema es basa en l'anàlisi de l'escala de grisos i les relacions espacials del píxels *–és a dir, l'anàlisi de la textura–* a partir d'un criteris especificats sota la forma d'unes equacions. A partir d'un píxel i el seu valor-posició i aplicant-li aquestes equacions s'observa com els altres píxels veïns es relacionen amb aquest primer i reiterant aquest procés per tots el píxels de la imatge s'intenta trobar recurrències, de les quals s'hauria extreure un patró, que a la fi serà el patró per a les imatges que correspondrien *–segons el desig dels autors–* a l'ús. Sobre aquestes equacions que valoren atributs de la imatge val a dir que són extretes de treballs previs en el camp de l'anàlisi d'imatges digitalitzades (HARALICK et al. 1973). Aquestes equacions són de difícil analogia amb els atributs que convencionalment fem els analistes de traces d'ús en el nostre procediment. Això comporta una certa manca de transparència del mètode que ens dificulta trobar les causes de recurrència, tant la positiva com la negativa, que obtinguem en la classificació resultant que ens doni la màquina; resultant llavors que se'ns colli una covariància espúria com l'extensió del micropolit en tota la mostra d'imatges com si fos un atribut diagnòstic significatiu.

Vull suposar, malgrat que els autors no ho especifiquen, que si els còmputes es duen a terme per direccions, les imatges han d'haver estat preses en la mateixa direcció; és a dir, amb el tall de l'instrument sempre paral·lel i corresponent al mateix eix de la

⁵⁵ Un error inadmissible és que les imatges tinguin diferent grandària en lloc d'una estàndard, doncs comporta que unes carreguen diferent informació per la classificació de l'ús que altres.

imatge per a totes les preses. Si no s'ha fet així, segur que hi ha hagut un error en el procés d'elaboració de la base de dades.

Un gran problema de partida és que no es té en compte la cinemàtica de la peça durant el treball; només la matèria treballada. Això pot crear problemes en quant ens fixem en la distribució lineal dels píxels per direccions; moltes de les recurrències estadístiques que llavors trobem poden més aviat referenciar a la cinemàtica i no a la matèria treballada.

Sobre els paràmetres utilitza els tests estadístics de *stepwise linear discriminant analysis*, T d'Student, tant per a $D=1$ com per a $D=2$, i anàlisi de components principals per $D=1$. Per les dues D –distàncies– l'anàlisi de discriminació lineal selecciona el mateix nombre de paràmetres com a significatiu, però només 7 són comuns entre les dues distàncies, els altres 6 són diferents per a cada cas –sobre 22 que és el nombre total–. Això implica que 3 paràmetres en cap distància són significatius. Per la distància 2 els resultats són més pobres segons ell.

Hi ha molt poca transparència sobre què impliquen o a què refereixen les recurrències trobades. Malgrat que sembla que existeixin recurrències, són de molt difícil avaluació. Caldria estudiar-se més a fons què implica l'algorisme *fa3* (BIETTI et al. 1994: 185-186), així com també tots aquells que aporten discriminacions significatives, per comprovar que les correlacions que detectin no siguin de caràcter espuri o que siguin recurrències repetides degudes a que dues o més equacions donin resultats relacionats proporcionalment atenent a un mateix aspecte però expressat sota diferent forma. L'únic que queda clar és que la quantificació està vinculada a la textura i que els resultats refereixen a canvis en la textura de diferents imatges, però el concepte "textura" refereix a quelcom tan general, que refereix a tants atributs o característiques, que dir que "quantifiquem la textura" acaba no significant res.

Això darrer pot semblar fins i tot positiu per aquells qui creguin que les màquines ens han d'ajudar a "veure" coses que nosaltres mateix no som capaços de veure. Aquesta pretensió és absurda, ja que si no controlem exactament allò que la màquina veu no podem valorar si realment està fixant-se amb alguna mena de recurrència vertaderament significativa o no. Des d'una altra perspectiva, no estem creant coneixement de cap mena.

Un darrer aspecte que considero ha pogut tergiversar les quantificacions dutes a terme és que no s'han segmentat les àrees alterades per ús –les que vertaderament tenen interès analític i informatiu– de les que no estan alterades per ús. No s'ha comptabilitzat

només la zona pertinent i les àrees redundants han intervingut en la decisió classificatòria final. Per a una anàlisi de la textura tan aglutinant, crec imprescindible que s'aïllin les àrees d'interès, més quan el procediment, com abans referia, és tan poc transparent.

Val a dir que aquest treball és el primer que tracta i proposa per primer cop la possibilitat de crear un *Pattern Recognition System* per les traces d'ús (BIETTI et al. 1994: 188). La proposta té continuïtat, projectant-se a l'Arqueologia en general, en un treball signat ara per A. Bietti en solitari, presentat al congrés d'anàlisi funcional celebrat a Lieja al 1989 (BIETTI 1993).

Continuant amb un ús pertinent de la terminologia quantitativa, defineix *Pattern Recognition* amb els següents termes: “*can be defined as the search for structures and statistically meaningful regularities of a set of objects in the feature space*” (BIETTI 1993: 529). Per una banda hi ha les característiques i per l'altra la/es estructura/es que entre ella/es es formen. Utilitza tests similars als del treball anteriorment citat: T d'Student, el *linear stepwise discriminant analysis* i l'anàlisi de components principals. També afegeix l'anàlisi de correspondències quan ens trobem amb característiques discretes, com és el cas de les dades arqueològiques (BIETTI 1993: 531)⁵⁶.

Afirma que en Arqueologia han abundat els usos de mètodes no supervisats. Ell detecta la causa en “*the lack of the need of a posteriori classification in Archaeology*” (BIETTI 1993: 532). Suposa que davant un cas nou que ens trobem no existeix un coneixement *a priori* i preferim anar a parar a una nova interpretació particular (BIETTI 1993: 532)⁵⁷.

Contràriament afirma que, en el cas dels conjunts experimentals, la cosa canvia des del moment en què juguem amb resultats coneguts i processos controlats. Des del moment que tenim un “*learning set*”, podem implementar un procediment de reconeixement de patrons supervisat.

Creu que un problema clau per a dur a terme una classificació *a priori* de les dades arqueològiques és la seva diferent natura depenent dels casos, uns cops sent variables contínues i altres cops sent variables discretes. Indica que una classificació *a priori* com el T d'Student o anàlisi de components principals no pot ser aplicable a

⁵⁶ Val a dir que en aquest punt no queda clar a quines dades o a què es refereix.

⁵⁷ Possiblement sigui això el que ocorre amb les traces d'ús, que sempre cada nou traceòleg per formar-se ha de fer altre cop tota una sèrie d'experiments similars als que anteriorment han fet altres. D'aquesta forma, hi acaba havent massa creença en la particularitat i en la manca de regularitats.

aquesta dualitat de tipus de dades. Afirmar que per al cas es pot dur a terme un *stepwise linear discriminant analysis* i/o una anàlisi de correspondències.

Posteriorment explica l'aplicació estadística, on el que es fa és una classificació d'esclats i els reflexos d'extraccions dorsals segons el moment del procés de talla al qual corresponguin. Els criteris de classificació són prestats d'altres autors i treballs (ROSSETTI, ZANZI 1990; BIETTI et al 1991; BOËDA 1986). Així, en darrera instància, és una classificació més on el que es fica a prova són els criteris de classificació d'un investigador. Malgrat el condicionament de la base de dades, en aquest cas es fica en dubte el caràcter unívoc dels criteris de classificació dels investigadors, donat que hi ha un cert marge de confusió per part de la màquina quan juga amb aquests criteris per classificar el conjunt.

Combinen variables contínues mètriques i variables discretes qualitatives; en coherència empen els testos pertinents explicitats més endalt. La solució és confusa i t'has d'haver llegit uns altres tres articles previs per entendre bé de què parlen o a què refereixen.

Val a dir, i això deixo que el lector ho consideri positiu o negatiu respecte els seus criteris, que l'ús del programari *Ispahan* serà recurrent en tots els treballs signats per A. Bietti. Pel que fa a la meua consideració al respecte diré que si un programari funciona eficientment no hauria de ser necessari recórrer a un altre per fer el mateix o per seguir un procediment diferent que possiblement no resultaria tan profitós. La innovació redundant és molt usual dintre de l'esnobisme que caracteritza el món de les tècniques de computació i informàtica, una dèria aquesta que, tot i inconscient en la ment dels usuaris, té una finalitat ben clara en la ment dels comerciants i de les empreses de computació de programari i maquinari: la satisfacció de les seves ànsies crematístiques. Però més enllà d'aquestes consideracions, els resultats obtinguts en el cas concret d'A. Bietti –limitats– indiquen que possiblement hauria d'haver una revisió de mètode i que possiblement caldria també un canvi de l'instrument de treball. Des del 1985 que A. Bietti treballa únicament i exclusiva amb l'*Ispahan*, recolzant l'ús de mètodes supervisats –molt lícitament– i amb resultats en diversos camps dels estudis arqueològics que no són els més òptims.

Abans de l'estudi proposat per A. Bietti, podem trobar un treball que té molts paral·lelismes procedimentals, però molt més ben plantejat teòricament. Em refereixo a una aplicació per tractar amb imatges digitals de traces d'ús –concretament micropolit– duta a terme per K. Knutsson (KNUTSSON 1988). Aquesta és una aplicació puntual

que ha romàs aïllada en la trajectòria professional de K. Knutsson, sense tenir una major continuïtat.

Cal fer esment també, per ser justos a la veritat, que l'anàlisi estadística *de facto* és duta a terme per B. Dahlqvist. K. Knutsson integra la seva aplicació de quantificació com un element més en el seu llibre de metodologia i traces d'ús en general, sense donar-li gran relleu. Amb tot, és un treball molt ben estructurat respecte als objectius.

La finalitat del treball és avaluar la validesa d'uns resultats experimentals i confirmar si aquests són útils per definir òptimament les observacions en instruments arqueològics d'una forma més exacta. Pel que fa a la creació de la col·lecció experimental operen correctament, a partir d'imatges preses sobre col·leccions experimentals, 32 en total, i sobre una petita mostra de peces arqueològiques, 30 imatges procedents de 15 instruments. La presa és a x400 augments. Mantenen constant el factor *background* amb l'ús de la mateixa matèria primera (KNUTSSON 1988: 104). Utilitzen els instruments al voltant d'una mitja hora. La base de dades té pocs casos, però està ben compensada entre les diferents categories d'ús, 6 en total amb 5-6 casos per cadascuna. Es continua sense tenir en compte la cinemàtica de l'instrument, cosa que òbviament considero un error per la significança d'aquest factor en la configuració del micropolít.

Segons els resultats obtinguts, un histograma d'una superfície sense ús presenta una distribució unimodal –simètrica–, mentre que una superfície treballada –“os” en el seu cas– presenta una distribució més rugosa i bimodal –asimètrica– (KNUTSSON 1988: 105). Aquests resultats contradiuen els obtinguts per S. Yamada i A. Sawada (YAMADA, SAWADA 1993). Segons els histogrames es pot inferir que les superfícies usades no són més brillants en cap sentit, fins i tot potser tot el contrari. Això de fet confirma el fet que els histogrames no poden ser interpretats a partir dels valors bruts i mai els podrem utilitzar per interpretar la “brillantor del micropolít”.

La metodologia emprada torna a procedir d'altres disciplines, inspirada en el treball de R.M. Haralick que també citava A. Bietti (HARALICK 1973). Es duen a terme mesures de textura píxel per píxel a tota la imatge. Sembla que no s'implementa cap mena de segmentació⁵⁸. Com en R. Grace (GRACE et al. 1985), fan una posterització a 16 nivells dels 256 valors de grisos originals i la matriu de coocurrència és de 16x16. Prenen 23 paràmetres de textura (KNUTSSON 1988: 106); destacant que

⁵⁸ Per saber a què em refereixo veure subcapítols 2·4·1 i 3·2·3 del present treball.

mesuren segon moment angular, algunes referents a l'entropia, diversos càlculs de variàncies, energia, inèrcia i simetria triangular. Hi ha correlació entre molts d'aquests paràmetres, el qual possiblement faria que algun d'ells resultés redundant, malgrat que coneixent la possible covariabilitat –per a no enganyar-nos amb una recurrència significativa– és correcte integrar tots els paràmetres possibles en l'estudi.

Com en el cas d'A. Bietti, aquest també és un cas d'aprenentatge supervisat, duent el control a partir dels valors coneguts de la col·lecció experimental d'eines lítiques. La base de dades és una matriu de coocurrència, a la qual s'aplica un *step-wise linear discriminant analysis*. A partir d'aquest cada imatge és etiquetada dintre d'una categoria d'ús de les sis possibles. S'executa també una “classificació de navalla” (*jackknife classification*) per testar la validesa de l'adscripció. El disseny resultant s'analitza i es crea una funció discriminant. La informació rellevant es limita a un espai entre 0,05 i 0,50 micrometres, que serien entre 1 i 10 píxels, amb la qual cosa determinen l'àrea mínima significativa que descriu el micropolit. També se seleccionen quatre paràmetres de textura, el quals, tenint-los en compte, obtenim una discriminació suficient entre grups d'ús (KNUTSSON 1988: 106) al voltant d'una adscripció correcta del 90'6 %, que amb la classificació de navalla es redueix al 75%.

S'evidencien els eters encavalcaments entre categories d'ús (KNUTSSON 1988: figura 62 pag. 107). Així mateix s'evidencia la dispersió dels casos arqueològics en funció de les àrees d'adscripció per a cada ús obtinguda a partir de la col·lecció experimental (KNUTSSON 1988: figura 63 pag. 108).

Les correspondències entre resultats de les anàlisis de textura i de les inspeccions oculars presenten un grau de coincidència prou baix, havent-hi alguns errors inadmissibles (KNUTSSON 1988: figura 64 pag. 109), però cal reconèixer que alguns resultats són bons i altres no són tan absurds. En total només el 35% dels casos arqueològics són adscribits al mateix ús tant per la màquina com per la persona. Els autors semblen satisfets i pensen introduir els resultats de les adscripcions d'ús dels casos arqueològics al *learned set* del sistema.

Vist l'error, em fa l'efecte que les imatges arqueològiques que van usar eren potser massa dificultoses per poder ser discriminades correctament (veure imatges a KNUTSSON 1988: 109-110). Donen una sèrie de raons prou versemblants del per què la classificació no ha estat tan òptima en la major part dels casos (KNUTSSON 1988: 109-110). Els autors volen testar la possibilitat de discriminació del sistema computeritzat utilitzant imatges de superfícies alterades per efectes post-deposicionals

(KNUTSSON 1988: punt 6.2.6 pag. 110). Potser és va voler anar massa lluny quan just encara no es té un mètode de classificació prou robust. Segons ells, però, s'ha de tenir en compte les variables “matèria primera” i “temps de treball” per evitar certs errors que en el seu cas s'han produït.

Com a conclusió afirmaria que, vistos els resultats obtinguts i la manera de conduir el treball, podem lamentar la manca de continuïtat d'aquesta línia de recerca per part de K. Knutsson i B. Dahlvist.

Per la seva banda, els investigadors J.E. González Urquijo i J.J. Ibáñez Estévez desenvolupen una aplicació amb una metodologia molt similar en una aproximació a la quantificació del micropolit, com ells mateixos reconeixen (GONZÁLEZ, IBÁÑEZ 2003⁵⁹).

El plantejament de l'estudi està enfocat més des dels principis de les anàlisis de traces d'ús que no dels de les tècniques de quantificació d'imatge, cosa que fa extremament transparent l'estructura del disseny procedimental. L'objectiu que declaren és aportar quelcom a la objectivació en la diagnosi per a l'anàlisi de traces d'ús, recorrent a tres característiques del micropolit –“*polish*”–: 1) topografia –“*topography*”; grau de regularitat de la superfície polida–, 2) patró –“*pattern*”; distribució espacial d'àrees polides i no polides, definit pel grau de connexió entre aquestes àrees i la seva magnitud– i 3) grau de desenvolupament –“*degree of development*”; proporció d'àrea polida en l'àrea afectada per l'ús–. Com veiem, els atributs a quantificar estan definits com característiques del micropolit directament i no com equacions que analitzaran la textura i que no són analògiques a allò que nosaltres entenem del micropolit, com he comentat succeïa en els treballs d'autors anteriors.

En general, les mostres emprades són reduïdes donat la puntualitat del treball, que tampoc no té pretensions explícites de continuïtat. S'intenta treballar amb imatges ideals, preses sota un protocol de captació unívoc i eliminant àrees desenfocades. Els autors són ben conscients del fet que les condicions de presa d'imatges, així com les de tractament posterior –contrastos, *threshold*,... –, han de romandre constants perquè la mostra que tractem sigui comparable.

En la part teòrica al·ludeixen als problemes de descripció relacionats amb l'instrument d'observació –el microscopi òptic de llum reflectida– que no permet una

⁵⁹ En el moment que vaig escriure aquests línies, aquest treball encara no estava publicat. Es remunta a l'any 1997 i he d'agrair el coneixement a una còpia obsequiada pels propis autors. Amb tot, durant el redactat d'aquesta tesi el treball ha vist la llum en una forma pràcticament idèntica a com jo el coneixia, per la qual cosa he posat aquesta data com a l'“oficial” per una qüestió de forma.

profunditat de camp gaire ampla i on els camps d'observació són encara més minoritzats de l'amplitud del diafragma.

Altre problema de descripció és l'intent de fer discretes les característiques que observem, quan en realitat responen a un *continuum*. Segons ells, ens obliguem a la descripció qualitativa i descartem la quantificació, que seria el correcte tractant-se del fenomen amb una expressió de gradació continua que es tracta. En conseqüència, caiem en la subjectivitat que tots ja sabem.

Segons els autors, recorrent a la microtopografia serà l'única forma que tindrem per descriure el polit. Malgrat tot, el problema de la limitació de la profunditat de camp del microscopi no ens permet observacions òptimes d'aquest atribut, donada la pèrdua de la 3^a dimensió.

Creuen que el mètode és un bon sistema per posar a prova criteris d'observació dels analistes. Intenten així quantificar atributs que normalment es tenen en compte en les observacions convencionals i que es consideren significatius per distingir l'ús. Com ja he comentat, els atributs emprats són molt transparents respecte a la nomenclatura de les anàlisis de traces d'ús convencionals. Afirment que els tres atributs depenen de la matèria treballada i de la intensitat del treball –o temps d'ús–. La variable “cinemàtica” no es té en compte, però això pot ser degut a que entre els 3 atributs que es tenen en compte no hi ha en principi una relació amb el moviment.

Partint del principi que el polit és més brillant per ser més reflectant –resultat de la regularització de la superfície de la matèria primera, resultat del procés de fricció–, creuen que les àrees de la imatge que tenen una major intensitat de llum indiquen quines són les superfícies alterades per ús. Determinen un valor de *threshold* a partir de l'anàlisi de àrees no alterades –ficant el límit allà on el valor començava a donar píxels blancs i mantenint-se com a negres el 99% dels píxels– que segmentarà la imatge i es distingirà entre superfícies amb/sense micropolit. Insisteixen en la necessitat de fer una segmentació mitjançant el pre-processament de *threshold*, considerant que és erroni no aïllar les àrees polides de les no-polides a l'hora de fer l'anàlisi.

Insisteixen molt en el problema del temps d'ús com a factor generador del polit, potser perquè per definir el polit insisteixen massa en un atribut que fa referència a l'extensió i oblidant un tant la textura –dispersió de la llum–, la qual definiria més el microrelleu –un atribut que discrimina molt més entre usos–. L'atribut d'extensió depèn summament del temps d'ús i sí que és cert que, en funció d'aquest, diferents usos poden acabar tenint valors semblants.

La mesura de la regularitat de la superfície alterada ve donada per la semblança dels valors del píxels que la formen, en una relació directament proporcional. Així una major irregularitat és definida per una major dispersió en els valors dintre de l'escala de grisos.

Un dels càlculs implementats és la desviació estàndard per a cada píxel dintre d'una quadrícula de píxels adjacents de 3x3, excloent explícitament les àrees de la imatge que no estan polides. Per a aquesta escala d'anàlisi les diferències són evidents quan intentem discriminar fusta enfront la pell, però molt menors quan juguem amb les categories de matèria més dura –fusta, banya i os.

Posteriorment, mesuren la desviació estàndard per a àrees més grans, partint del principi que l'escala d'observació té molt a veure amb els resultats obtinguts. De fet sembla que quan més gran és l'escala d'observació, més casos amb major desviació estàndard apareixen.

A l'estil de treballs anteriors amb imatges digitals, volen trobar l'escala d'anàlisi òptima per poder discriminar entre usos; és a dir, l'escala que ens doni unes discriminacions per ús més correctes. Determinen que les àrees de 9x9 píxels són les ideals en aquest aspecte⁶⁰.

Sobre els resultats de les desviacions estàndard obtingudes, apliquen un *cluster analysis* i poden distingir clarament entre matèries toves i dures. Hi ha també diferències més subtils. Els *outliers* corresponen a matèries més dures que tenen un menor desenvolupament del polit, cosa que implicaria que la variable “desenvolupament del polit” ha pesat molt en el resultat de la desviació estàndard. Un menor desenvolupament del polit en matèries dures comporta que la desviació estàndard s'assimili més a la de matèries més toves i que sigui més irregular. El no-ús apareix molt proper a la pell seca –matèria tova.

Per a la identificació del patró juguen amb les àrees polides i les no-polides envoltades de polit, argumentant que també aquestes darreres segueixen un patró subjecte al procés d'alteració per ús. Combinen una altra volta dues escales: 0'05 i 0'1 mm². Es fixen que la superfície mitja de la superfície dels polígons, resultants del procés de *threshold*, depèn molt del grau de desenvolupament del polit. A partir

⁶⁰ Sense negar que aquesta magnitud d'àrea doni bons resultats i sigui significantment descriptiva, crec que per la magnitud que té l'àrea en qüestió no es correspon a allò a què nosaltres ens fixem en les nostres anàlisis convencionals, amb la qual cosa equiparar l'anàlisi de textura que pot fer un analista per mètodes convencionals i el que du a terme el sistema computeritzat difícilment es poden entendre com analògics. Amb això no significo que els autors al·ludits afirmen aquest extrem; simplement faig en paro esment per evitar la confusió del lector.

d'aquesta relació poden distingir entre usos. Les diferències entre usos s'incrementen a mesura que s'incrementa el grau de desenvolupament, però també les hi ha amb un desenvolupament baix. Continuen distingint millor entre tou i dur.

Respecte als polígons consideren els atributs de: 1) àrea, 2) perímetre, 3) eix major i 4) eix major perpendicular a l'anterior. Prenen també el quocient àrea/perímetre, la multiplicació entre els eixos, el quocient àrees blanques/negres i el quocient àrea total/nombre d'àrees –una àrea mitja–. Apliquen aquestes equacions a diverses imatges i sobre els resultats apliquen un *cluster analysis* i troben discriminació entre treballs de sega, d'os i de pell.

Les dificultats per distingir entre banya i os els encoratgen a dur a terme una anàlisi específica per a una mostra d'imatges d'aquests dos materials. Les descripcions de les imatges són similars a les fetes anteriorment. Divideixen la base de dades, segons el grau de desenvolupament del micropolit en les imatges i així mantenir aquesta variable constant. Apliquen una anàlisi discriminant de Bayes i un test de navalla. El 70% dels casos queden classificats, però el grau d'indefinió de comparacions per parelles és del 50%. Fent una comparació a partir de 4 imatges de la mateixa peça la determinació puja al 65%. En conseqüència afirmen que en molts casos la distinció entre os i banya és possible.

Respecte al grau de desenvolupament del micropolit, creuen que el correcte és mantenir-lo constant per poder fer comparacions entre polits de diferent ús. En conseqüència, la distinció entre micropolits sols s'hauria de fer a partir del patró i de la microtopografia. En conseqüència, quantificar el grau de desenvolupament del micropolit acaba sent un criteri de ponderació del cas de la mostra. Addueixen que sense pretendre-ho s'havia aïllat aquesta variable al tractar imatges d'experiments amb el mateix temps d'ús. Aconsegueixen que amb un mateix grau de desenvolupament del micropolit, aquest es pugui diferenciar per usos. El grau de desenvolupament del micropolit és a més fàcilment calculable per la proporció de píxels blancs dintre de la quadrícula de la imatge. Això, més que un inconvenient com malament es podria entendre, ens serveix com a ponderador entre diferents micropolits. Afirmen que, en els seus resultats, quan més desenvolupament del micropolit es palesa en les imatges, més diferències evidents entre usos sorgien, però que segons com amb un 15-30% de desenvolupament ja hi ha discriminació.

Proposen l'ús simultani de diverses escales d'observació per diferenciar entre usos. Per exemple, els seus resultats evidencien que per diferenciar entre fusta i os amb

l'escala 10^2 es conclou que són similars, però que amb l'escala 80^2 sí que es diferencien. Per contra, per a diferenciar pell d'os, l'escala 10^2 és suficient.

Com a conclusions creuen que han assolit poder definir uns criteris per futurs treballs: 1) Cal disminuir la variabilitat interna dintre de la mateixa categoria d'ús 2) S'ha de sintetitzar l'evolució simultània que es dona entre la textura i el patró, a mesura que hi ha més temps d'ús 3) Cal combinar els resultats discriminants obtinguts per als dos atributs, patró i textura, en ordre d'obtenir una bona discriminació final entre els casos 4) Cal caracteritzar altres categories de polit que ells no han emprat (petxina, pedra...) per comprovar les possibilitats absolutes del mètode.

En les seves conclusions reconeixen que amb allò que ells han tingut en compte, no es recullen totes les variables –atributs– que la gent empra per determinar l'ús. Per exemple, descriure la distribució del micropolit al llarg del tall no és possible per l'espai reduït que s'enquadra en la imatge, que només engloba una part molt petita d'aquest. Tampoc es tenen en compte escantells, estries,... Segons ells, aquesta limitació dels atributs que es poden tractar amb el marc d'una imatge digital fa que l'anàlisi d'aquestes doni una informació molt incompleta per a fer bones determinacions d'ús. Segons ells no es pot substituir a l'especialista humà. Altre cop com en altres treballs, els propis autors afirmen que el mètode que han dissenyat és massa feixuc per a una aplicació a un conjunt lític complet. Això com, ja he expressat anteriorment, no crec que sigui una crítica gaire pertinent a les anàlisis d'imatges digitals; la limitació implícita del mètode (de qualsevol mètode) no invalida fins allí on aquest pot arribar i l'únic que es pot criticar és allò que dintre del seu marc d'actuació possible no és capaç d'aconseguir. Posats a dir, tampoc les anàlisis de traces d'ús són suficients per poder fer inferències absolutes sobre el treball dels instruments, ans al contrari només aporten una informació limitada.

Amb tot se senten satisfets en quan a uns avantatges assolits: 1) S'elabora un llenguatge quantitatiu transmissible, 2) l'aplicació es fa possible en polits poc desenvolupats, 3) es pot distingir entre polits de difícil discriminació com os i banya o diferents tipus de plantes i 4) es poden afinar criteris per tenir-los en compte en una identificació visual de polits. Comparteixo aquestes conclusions en molt bona part, no d'una forma gratuïta, sinó que en funció dels resultats previs dels treball que he dut a terme per la meua banda (PIJOAN et al. 2002; TOSELLI et al. 2002).

Un altre treball, anterior al de J.J. Ibáñez i J.E. González, que també està inspirat sota preguntes concretes sorgides de les anàlisis de traces d'ús és el signat per A. Vila i

F. Gallart (VILA, GALLART 1991, 1993). L'objectiu general del treball, un altre cop, és fer una aportació per a una descripció objectiva de les traces d'ús mitjançant les anàlisis d'imatges digitals, superant així les descripcions qualitatives i subjectives fetes fins aleshores.

Com a crítica contra treballs anteriors de R. Grace fan referència als problemes de captació que es palesen en les mostres d'imatges que emprava, com era per exemple afegir el pas de l'escanejat de fotos per processar les imatges resultants. Cal recordar al respecte que en el procés de captació de la imatge és on es produeix un índex de soroll més elevat. Així, ells prenen la imatge directament del microscopi, sense passar per més filtres que creïn soroll en el procés de captació.

La mostra consta de 60 imatges extretes de 5 experiments amb diferent matèria treballada i no s'especifica la cinemàtica de treball. Intentant evitar la quantificació de les àrees de la imatge que no representen alteració, s'aplica un filtre tipus *threshold* sobre les imatges per aïllar les àrees de micropolític dintre de cada imatge.

En el treball concret es tenen en compte cinc paràmetres de composició –que defineixen com “*tono*”–: 1) brillantor màxima –que s'elimina posteriorment per manca de significança–, 2) brillantor mitja, 3) desviació típica, 4) diferència entre el to mig i el mínim de fons i 5) asimetria de l'histograma; dos paràmetres de magnitud –que defineixen com “*tamaño*”–: 1) perímetre –que s'elimina posteriorment per manca de significança– i 2) “*area*”; i un paràmetre de forma –definida sota el mateix mot–: 1) quocient entre els anteriors de magnitud.

L'estadística aplicada consisteix en una anàlisi de components principals prenent totes les observacions individuals. Les matrius de correlacions entre variables donen resultats pobres. Posteriorment, es refà una anàlisi més definitiva amb 6 variables –les quals entre elles mostren poca correlació– per evitar covariances espúries i es miren els seus valors acumulats per cada ús. Pretenen trobar tendències caracteritzadores dels diferents micropolítics. Per avaluar el grau de significança d'aquestes diferències es recorre a un T d'Student.

Sempre els hi resulta que per a cada creuament de usos hi ha una variable significant per distingir-los, com a mínim. “Fusta” és l'únic material treballat que no té cap variable significativa que el distingeixi. Aquest només es pot discriminar de la resta d'usos per contrastació d'un a un, confonent-se quan es vol contrastar amb tots els usos alhora. Els resultats com es pot observar són limitats, malgrat que l'atansament fet està

plantejat sobre una base teòrica correcta i el procediment és ideal per poder identificar a què es deuen els marges d'error.

Aquest és el darrer treball de quantificació de traces d'ús emprant imatges digitals que comentaré. Tanmateix, sota la denominació de quantificació hi ha tota una sèrie de treballs que tenen un caire totalment diferent. Em refereixo als treballs que han emprat escàners 3D de diversos tipus per a la representació de les àrees micropolides. Estrictament això no s'hauria de considerar quantificació des de la perspectiva del present treball, però val a dir que alguns d'aquests instruments donen la possibilitat d'extreure un índex respecte a la tridimensió implementada. Tanmateix, altres cops s'anomena aquests treballs com quantificació simplement pel fet que la màquina "quantifica" el micropolit i en funció d'aquest procés tridimensiona, però la valoració posterior que fa l'analista de la tridimensió implementada retorna a les valoracions personals, prenent però que són més objectives gràcies a basar-se en una tridimensió "real" de la microtopografia del micropolit.

La creença de la idoneïtat d'aquestes eines per a la representació del micropolit parteix del supòsit, equivocat, que el microscopi òptic no pot ser una bona eina a partir de la qual extreure descripcions objectives i ontològicament pertinents degut a la "deformació" que implica els efectes de la llum reflectida i la manca de profunditat de camp.

Amb tot, els treballs duts a terme amb aquests escàners tridimensionals han aportat dades interessants. Un dels primers és el treball de J.V. Dumont (DUMONT 1982, 1988) amb l'interferòmetre. Tanmateix, amb aquest instrument no s'obté una imatge "real" de la tridimensió de la superfície, sinó que un patró d'interferència on les ones representades prenen forma en funció dels canvis en el relleu de la superfície (DUMONT 1988: 26-32). En definitiva, allò que es fa és interferir en la imatge visual, un procediment que es pot equiparar a la aplicació d'un filtre de tractament en una imatge digital. L'estudi no va passar l'estadi de proves i no es va aconseguir la representació en categories discriminants dels micropolits.

Un instrument que en principi sí elabora una representació de la superfície real a partir de fer-li un escaneig és el rugosímetre, emprat en anàlisis de traces d'ús per S. Beyries, F. Delamare i J.C. Quantin (BEYRIES et al. 1988: 115-132). Es tracta però altre cop d'un treball puntual sense continuació.

Com deiem, mitjançant el rugosímetre s'obté un plànol en alçades reals d'una superfície escanejada. Amb això, els autors pretenen fer un pas d'allò qualitatiu a allò quantitatiu, amb jactància fruit d'un ingenu optimisme.

El primer problema tècnic és la posició de les mostres –els útils– a l'hora d'escanejar les superfícies, ja que s'ha de tractar de superfícies perfectament planes i mai tortuoses. Això crec que possiblement ha de crear un problema encara major en quant les superfícies del mateix micropolit no són mai exactament planes, donat que sempre tenen una topografia complexa. El problema es projecta amb la posició de l'útil en la plaqueta; la posició que permet que una àrea o punt concret quedin llisos, en altra àrea o punt quedaran inclinats, tot i que la superfície a petita escala sigui llisa.

Per altra banda, el sistema de presa de la imatge és molt lent: 10 minuts per cas, però pot ser variable. Dóna com a resultat un plànol de superfície (BEYRIES et al. 1988: figures pp. 122, 123 i 124) on s'obtenen relleus tridimensionals de la superfície de l'alteració d'ús. Les alçades en principi són reals, però poden ser més o menys acurades en funció de la velocitat de l'escanejat. Així mateix, de la imatge es poden extreure densitats d'alçades en una direcció i corbes globals de densitat d'alçades en el plànol (BEYRIES et al. 1988: figura 3 pag. 119). També es poden extreure perfils i covariança d'alçades en aquests.

Evidentment, com els mateixos autors reconeixen (BEYRIES et al. 1988: 120), la qualitat de la imatge és superior amb diferència a una típica bidimensional. El paràmetre quantitatiu a emprar és rugositat mitjana i la repartició estadística d'alçades Z en el pla X,Y . El problema és que hi ha un problema de posicionament de la mostra, ens pot ocórrer que la mateixa mostra tombada cap a una altra direcció un o pocs graus canvia totalment d'aspecte i en conseqüència els valors comptabilitzats. A més, l'alçada que s'extreu no té un punt zero objectiu des d'on mesurar.

Un dels objectius del treball era fer alguna mena d'inferències sobre gènesi de les traces d'ús (BEYRIES et al. 1988: 120); però no s'entén en base a quins criteris l'instrument pot ajudar a tal fi. Sense voler entrar en detalls en aquesta darrera valoració, el cas és que quantificació estrictament no se'n fa, sinó que més aviat es realitza a partir dels relleus obtinguts una descripció personal i qualitativa, la qual s'empra com arguments per explicar la gènesi de les traces d'ús. Si no és així, no es poden entendre proposicions com: *“La présence de rayures suggèrera l'usure abrasive; celles d'écaillés de “comètes” l'usure par fatigue; les micropolis l'usure par réaction chimique et les bourrelets l'usure par transfert”* (BEYRIES et al. 1988: 120). El

mecanisme pel qual infereix la causa de la traça en qüestió està dins del camp de l'especulació, a partir d'allò que ells intueixen que “podria ser”. En quant als “comètes” que afirmen detectar (BEYRIES et al. 1988: figura 6 pag. 124), contradiuen a l'absència d'estries reals que al·ludeixen altres autors a partir d'observacions mitjançant SEM (per ex. YAMADA 1993).

Afirmen que mitjançant aquest sistema es pot mesurar dues vegades la mateixa zona amb garanties d'obtenir els mateixos resultats (BEYRIES et al. 1988: 121). Aquesta tautologia per definició és certa, però la qüestió està en poder localitzar la mateixa zona, enquadrar-la exactament igual i posicionar l'instrument en el mateix angle exacte; ben complicat tot plegat. Si a més allò que es pretén és “[...] *mesurer l'évolution du profil d'une surface d'un outil à différentes étapes de son travail*” (BEYRIES et al. 1988: 121) la cosa és complica més, doncs el propi fet de l'alteració provocarà que la zona mai més no serà la mateixa que teníem en un moment anterior, donat que el propi desgast i *alter*-ació no permeten tal equiparació en moments temporals diferents ¿Com localitzarem i identificarem la mateixa micro-àrea en un estadi de desgast superior si aquesta, partint de la pròpia definició d'alteració, ja no és la mateixa? És caure en una ingenuïtat creure que el rugosímetre pot ajudar a fer tal tipus d'inferències d'una forma més òptima.

Suggereixen que el micropolit es forma per aportament de material (BEYRIES et al. 1988: 129) segons la tesi de P. Anderson (veure a BEYRIES et al. 1988: figura 12 pag. 120). Afirmen que en el sílice han trobat calci després d'un treball amb os, amb grans quantitats, amb la qual cosa infereixen que sí hi ha transferència de matèria (BEYRIES et al. 1988: 131). Aquesta inferència està feta mitjançant un espectròmetre EDS, a banda de l'aportació del rugosímetre.

En darrera instància els autors se senten satisfets. Ells identifiquen diferències significatives entre els diferents polits d'ús depenent de la matèria treballada. Per la meua banda crec que són molt agosarats tenint en compte l'estretor de la mostra i els problemes procedimentals que he explicat.

Em consta l'existència de dos treballs més mitjançant rugosímetre, un de P. Anderson, L. Astruc, R. Vargiolu i H. Zahouani (ANDERSON et al. 1998) i un altre de H. Procopiu, E. Jauté, R. Vargiolu i H. Zahouani (PROCOPIU et al. 1998), els quals no comentaré per considerar que no es tracta de treballs de quantificació tal com plantejo en el present treball.

Un altre instrument que crea projeccions tridimensionals de superfícies és l'AFM (*Atomic Force Microscope*), aplicat en anàlisis de traces d'ús per L.R. Kimball, J.F. Kimball i P.E. Allen (KIMBALL et al. 1995). Es comença, com ja és tòpic en aquesta mena de treballs, posant en dubte el mètode convencional, identificant-lo amb la figura de L. Keeley (KIMBALL et al. 1995: 7).

Fan una enumeració dels atributs que consideren que es tenen en compte per descriure el micropolít: 1) textura, 2) contorn, 3) morfologia i 4) brillantor (KIMBALL et al. 1995: 8). Aquests atributs són compresos com a qualitius.

Sembla que interressi a partir dels resultats que s'obtinguin tractar el tema de la gènesi del micropolít, raó per la qual es fa un resum dels models explicatius que s'han creat a tal efecte (KIMBALL et al. 1995: 8-9). Una observació pertinent que fan els autors (KIMBALL et al. 1995: 9) és que els estudis amb SEM continuen sent totalment qualitius, en conseqüència amb ambigüitats evidents.

Una altra cosa que apunten més endavant, és que uns resultats quantitius no poden implicar la conclusió de què les traces d'ús no són gaire diferents entre si, quan una revisió qualitativa de les mateixes apunta a evidents diferències significatives, contradient les conclusions de R. Grace i els de K. Akoshima al respecte (GRACE et al. 1985; GRACE 1989; AKOSHIMA 1987).

Al final es queixa de la manca d'una teoria unificada per a tot el conjunt de traces d'ús, denunciant que les teories existents en aquell moment només expliquen aspectes sobre la formació d'un tipus de micropolít (KIMBALL et al. 1995: 9).

Els autors reivindiquen l'AFM com a una eina mitjançant la qual es podrà dilucidar quelcom que es relacioni amb la problemàtica de formació del micropolít (KIMBALL et al. 1995: 10). Segons afirmen, aquest instrument pot dur a terme mesures objectives de superfícies; és a dir, pot quantificar.

No entrant en detalls sobre el funcionament *de facto* de l'aparell en qüestió, molt millor explicat pels propis autors (KIMBALL et al. 1995: 10), el cas concret és que dona una imatge en tres dimensions sense problemes de profunditat de camp. Les fotografies que mostren fan dubtar d'aquest extrem (KIMBALL et al. 1995: 12-13), donat que apareixen un tant borroses. Val a dir que en altres figures posteriors sí que es poden apreciar "paisatges" netament tridimensionals (KIMBALL et al. 1995: 18-19).

Amb l'aparell es poden dur a terme medicions de la rugositat *-roughness-* (KIMBALL et al. 1995: 15). Els problemes que poden sorgir s'assimilen als apareguts en el treball de S. Beyries i altres autors, comentat anteriorment: mantenir les

superfícies a mostrejar planes perquè les alçades no siguin enganyoses. Sembla que la mesura que es fa és una mena de desviació típica de les alçades.

Val a dir que les diferències en les projeccions 3D en quant a l'ús són ben evidents, almenys en les imatges mostrades i molt més clares en quan es compara ús i no-ús (KIMBALL et al. 1995: 18-19 i 22-24). Recordem però els problemes de mostreig que he apuntat, valorant la possibilitat que hagin pogut influir massa generosament en els resultats positius que han obtingut els autors.

Les conclusions les considero amb escepticisme, donat que tot i que afirmen que és evident que hi ha diferències significatives entre rugositat de diferents polits, no saben fins a quina mesura, donat que la mostra amb què han treballat era molt reduïda. Seguint criteris de la simple lògica formal, la conclusió resulta ben contradictòria.

Tot seguit es decanten pel model de gènesi del micropolit de P. Anderson. Els arguments aportats són “[...] *wood polish appears to build up both the high and low areas, which creates a flat surface. This effect would appear to fit Anderson's model of polish formation*” (KIMBALL et al. 1995: 26). L'apreciació és barroera, molt personal i intuïtiva. Per poder inferir quelcom sobre formació hauríem de poder observar el procés dinàmic mateix i no intuir coses a partir del seu resultat, com sempre s'acaba fent.

Malgrat tot, per a l'alteració de superfície de la pell i per a la de la carn ja no els convenç la teoria de P. Anderson, recolzant-se igualment en arguments tan poc sòlids com els d'abans.

Altres cops, com en el cas de S. Beyries i altres autors comentats anteriorment, cauen en la ingenuïtat de pretendre fotografiar àrees micròniques abans i després de la formació del micropolit, labor que com ja he esmentat anteriorment considero a efectes pràctics impossible.

Per acabar amb els comentaris d'aquest treball, retornaré a la consideració que les quantificacions dutes a terme per l'AFM estan pensades sota una concepció molt llunyana a la que es presenta en el present treball. També apuntar que amb les mesures de l'AFM –mitja i desviació estàndard del microrelleu– obtenim una descripció força limitada de tot el ventall de característiques que es poden extreure de la fenomenologia del micropolit.

Després d'aquest repàs dels treballs de quantificació en traces d'ús que s'han fet fins l'actualitat, podem comprovar que hi ha molt poques recurrències entre ells. Per una banda les tècniques emprades són ben diverses, però quelcom més greu és que els resultats obtinguts arribin a ser tan contradictoris.

Generalment, el plantejament d'objectius ronda al voltant d'intentar millorar el mètode d'anàlisi de traces d'ús i superar les anàlisis qualitatives que tots reconeixem. Sobre si això s'assoleix o no ja n'he dit prou.

És curiós com en molt dels casos, tot i els autors mostrar-se satisfets pels resultats obtinguts, se sol concloure que el procediment que pròpiament han seguit es considerat com a poc operatiu pel tractament d'amplis conjunts arqueològics de forma sistemàtica. Val a dir que generalment els autors tenen raons de pes per fer tal tipus de consideracions, però el fet de la manca d'operativitat en uns treballs que són exploratoris no es pot considerar com un fracàs.

Sota aquests arguments acabem trobant com gairebé la totalitat dels treballs són puntuals i no tenen continuïtat de cap mena, amb la qual cosa acaben resultant ben estèrils per a la fi que es plantejaven en un principi.

Amb tot, els treballs comentats en aquest resum han inspirat moltes de les solucions que plantejo en aquest present treball. He extret tant l'experiència de l'error, intentant evitar-lo altra volta, com elements que crec pot ser útil desenvolupar. Aniré citant en el text les referències bibliogràfiques esmentades i que conscientment me n'adoni que tenen vinculació amb plantejaments que he fet meus. I si algú se sent plagiat i oblidat que em disculpi i m'avisi.

1.3 Llavors... Per què quantificar? Objectius.

Arribats fins aquest punt pot semblar tardà i sobrant explicitar aquesta pregunta, però considero que en realitat hi ha molta més confusió respecte a la conveniència de la quantificació de la que es fa palesa.

Per començar, les raons que ens poden moure a implementar mètodes de quantificació són moltes, amb la qual cosa pretendré que les raons que planteji siguin en principi ben meves i una declaració d'objectius del treball, molt més que no un intent de voler convèncer a ningú sobre allò que jo faig. Per altra banda crec que, al llarg del que duem d'aquest capítol 1, ja han quedat clars els arguments de base que poden justificar anar cap a la quantificació en funció dels problemes descrits en el mètode convencional.

Això pot fer considerar al lector que, en aquest treball, es pretén anar vers la creació d'alguna mena de sistema de reconeixement de patrons visuals de traces d'ús;

en definitiva, una màquina que faci la nostra feina. Res més lluny de la realitat, no estem ara com ara en condicions de ser tan ambiciosos.

Primerament, cal fer una sèrie d'estudis exploratoris on puguem obtenir descripcions de les traces d'ús mitjançant imatges digitals i quantificacions de tipus divers sobre aquestes; concretament en aquest treball proves estadístiques i experiments amb Xarxes Neurals. Amb això pretenem assolir dos objectius que en són un: 1) crear un llenguatge descriptiu per les alteracions d'ús de superfície –“micropolit”–, de base numèrica i que resulti el més discriminant possible en funció dels usos, i 2) en base a aquest llenguatge, crear una jerarquia d'atributs en funció del seu potencial discriminant. Això es traduirà en criteris que en ajudaran a desenvolupar un procediment més guiat per a les anàlisis convencionals.

La transparència del significat dels atributs que emprem en aquest treball i la seva analogia i comesurabilitat amb els atributs convencionals emprats en anàlisis de traces d'ús ha de permetre aquesta comparació.

Amb el coneixement previ acumulat i els resultats preliminars que hem obtingut (PIJOAN et al. 2002; TOSELLI et al. 2002, 2005; BARCELÓ, PIJOAN 2004, 2005a), donem per descomptat que la jerarquització dels atributs no ens conduirà a trobar l'atribut director de l'alteració d'ús en superfície que unívocament ens indiqui quin és l'ús d'un instrument amb un índex de fiabilitat del 100%. En aquest treball es parteix que hauran de ser diversos els atributs a emprar per fer determinacions d'ús acurades, sintetitzant les informacions que ens aporten. L'únic que es pretén és donar una selecció i jerarquització d'atributs pertinents i una eliminació d'aquells no pertinents i que només creen confusió i soroll en el procés d'observació i interpretació.

Si primer aclarim aquest aspecte, possiblement en un futur puguem plantejar el disseny d'un sistema de reconeixement de patrons visuals de traces d'ús. Si no sabem la variabilitat del fenomen que la màquina ha de reconèixer i no elaborem un llenguatge amb el qual entendre'ns amb ella no anirem a cap lloc. A fi de comptes la màquina sempre farà allò que nosaltres li hem ensenyat a fer, no res més enllà.

Això provoca que fins i tot prèviament haguem de fer una sèrie de valoracions epistemològiques i posar en dubte el procediment convencional, així com les concepcions de les traces d'ús que d'ell es desprenen. Totes aquest treball previ serà desenvolupat en el subsegüent capítol 2.

Un aspecte que considero destacat de la metodologia que hem implementat en aquest treball és referent a l'ús d'imatges digitalitzades. Creiem que les imatges són la

font de dades ineludible per a un processament quantitatiu objectiu, car la seva objectivitat és garantida un cop estan estandaritzats els criteris de captura i pre-processament. Els intents de quantificació de les traces d'ús només seran vàlids mentre la font d'informació que fem per crear la base de dades sigui confeccionada a partir d'imatges reals. Aquesta obligació ve donada en quant el problema de la subjectivitat està en la interpretació de la imatge en les anàlisis convencionals. Si fem processaments estadístics on les dades ja són interpretacions de l'investigador, del que ha vist ell en les imatges que veia al microscopi, el que està processant l'ordinador són les impressions visuals de l'analista, per molt elegant que sigui l'expressió numèrica dels resultats. Els principis d'aquesta fal·làcia ja els he comentat anteriorment.

Amb tot, possiblement sigui un error creure que de bones a primeres l'objectiu de la quantificació ha de ser la objectivització de l'anàlisi de traces d'ús, quan potser és millor usar la quantificació com una eina per crear nou coneixement. Ja hem plantejat una mica aquesta qüestió, però serà bo remarcar que creure en el primer objectiu és voler anar massa de pressa, donat que primer hauríem d'entrar en una fase de "recerca bàsica" on reconeguem com és el procés d'anàlisi i descripció de les traces d'ús. Primer hem de determinar el potencial explicatiu de l'ús per a cadascun dels atributs de les traces d'ús abans de crear la màquina que fem a les més òptimes, traduïdes aquestes a un llenguatge matemàtic per poder dur a terme determinacions d'ús.

Així mateix, l'objectivitat de les tècniques de computació es perd quan s'ha d'anar a fer una selecció de les variables que considerem significatives en els nostres estudis, les quals haurien d'anar d'acord amb les hipòtesis emanades des de la teoria de partida. També veiem que si la teoria manca i les hipòtesis de partida no estan ben explicitades, es realitzarà una recerca a cegues que comportarà uns resultats sense ordre ni sentit i amb els quals no puguem donar significat a les recurrències observades. Diguem que, en aquest sentit, l'objectivitat acaba sent més aviat una "actitud" de l'investigador.

Més enllà del plantejament de les variables a considerar, hi ha altres aspectes que fan que l'adequació de l'estudi –dintre d'aquesta l'objectivitat– no es doni per assolida. Les imatges digitals, com a dades, són sensibles a molts factors condicionants (veure capítol 3). En conseqüència, unificar tots els treballs duts a terme fins aleshores en matèria de tractament i quantificació d'imatges digitals de traces d'ús és tasca difícil. Sabem de la influència determinant que tenen els factors de presa a l'hora de crear la base de dades i sabem de la importància d'aquesta en els resultats finals. S'ha de sumar

que la innovació en matèria de tecnologia de la informàtica i computació comporta l'oferta al mercat d'un ampli ventall de programes adients que no tots funcionen igual, ni en la manera d'entendre i descodificar la imatge ni en la manera de tractar les dades extretes. Alhora, la renovació constant d'aquest software deixa obsolets a molt curt termini treballs vàlids de plantejament. Fins i tot alguns cops (no sempre) els encerts poden ser més aviat deguts a la millora de la tecnologia base que no a la gràcia de l'investigador que hi treballa.

Hi ha així severos impediments per unificar una forma de treballar que sintetitzi el que fins aleshores han estat esforços dispersos. Continuen així sent treballs poc aprofitables en ser poc transmissibles al neòfit que es volen dedicar a les quantificacions en traces d'ús. Això, per altra banda, explica la multitud de resultats divergents que es donen en gent que ha tractat amb quantificacions a partir d'imatges digitalitzades. Possiblement, ningú d'ells menteix; la qüestió està que un amb les seves imatges obtingué els resultats donats i l'altre investigador amb d'altres imatges obtingué d'altres.

Arribats aquí crec que es fa òbviamment necessari el contingut del capítol 2 per a fer entenedor aquest present treball.

2- Consideracions teòriques.

2.1 La formació del “micropolit”: Un procés i fenomen complexos.

Com tampoc ens deu resultar estrany, la formació de les traces d'ús ha hagut d'ocupar un espai per a la inquietud dintre d'aquells i aquelles que es dediquen a la disciplina. El justificant que es dona per interessar-se en aquest dilema és que ens cal saber com es formen les traces d'ús si volem arribar a entendre “què són” i realment “a què responen”, amb la pretensió que aquest coneixement ens ajudarà a afinar l'anàlisi. Malgrat tot, mentre que en una traça d'ús com els escantells resultava evident quina era la causa que les provocava –la simple fractura del tall en ús en relació a la pressió i forces exercides en el procés de treball–, en allò anomenat com “micropolit” i “estries” les coses no havien de ser tan fàcils.

En conseqüència a la incertitud, va sorgir un debat sobre el tema que ha ocupat innumerables hores i planes de text, on a llarg termini la originalitat dels plantejament no ha estat la tònica. En definitiva, els models explicatius s'han desenvolupat entorn i centrant-se en dues teories.

2.1.1 Abrasió vs. dipòsits: la història del drama de la formació del “micropolit”.

No es pot afirmar que la gènesi o formació del “micropolit” hagi estat un tema d'inquietud des dels bons inicis de la disciplina, cosa que no significa que no es plantegés. Val a dir que S.A. Semenov no va oferir cap teoria explícita al respecte gaire elaborada. Amb tot, llegint la seva obra es pot sobreentendre que considerava com a motor de la formació del micropolit un simple procés mecànic, amb principal pes del factor abrasiu que comportaria un desgast (SEMENOV 1981: 28; T.O. 1957). Té en compte la intrusió de diversos factors, com duresa de la matèria primera, angle o forma del tall en ús, força exercida durant el treball, duresa de la matèria treballada,... ara ja tòpics. És molt important que en contempla d'altres com la velocitat del treball i l'estratègia d'ús.

Més enllà del desgast, també planteja el fenomen de la deformació plàstica de la superfície com a resultat de les pressions durant el procés de treball (SEMENOV 1981: 29; T.O. 1957). I hom pot sobreentendre que aquesta deformació plàstica es podria fer

palesa en una escala microscòpica; les pressions més fortes produeixen directament fractura o abrasió.

Els factors de desgast que té en compte no solament estan en relació amb el procés de fricció de la matèria primera de l'instrument contra la matèria treballada, sinó que també amb altres secundaris de l'ús, com n'és l'aprehensió amb les mans, mànecs, lligams,... (SEMENOV 1981: 140; T.O. 1957). No és una concepció simplista en absolut, però tampoc organitzada ni elaborada.

Tanmateix, això no significa una negligència d'aquelles primeres persones que es van dedicar a la traceologia, sinó que simplement evidencia una manca d'interès prioritari, la qual està centrada en allò que s'espera de la tècnica: respostes sobre els processos de producció. No interessen els prolegòmens de la realitat física del procés de treball, malgrat que aquesta realitat estigui implícita dintre del concepte que comporta la traça d'ús com resultat del procés físic del treball. Interessen per contra els aspectes que refereixen a la vessant més social: la configuració del treball. Així es desemboca en experiments on la perspectiva que s'empra per plantejar-los és "sociològica" i no física; es pretén esbrinar quina ha estat la "matèria treballada" i "la cinemàtica" dels instruments lítics arqueològics i en funció d'aquestes dues variables es plantegen els experiments. Aquest disseny dels experiments s'ha arrossegat pràcticament fins a l'actualitat i ha provocat molts problemes a l'hora de concebre la realitat de la gènesi del "micropolit" i aquest mateix en si, estenent-se els problemes acumulats als aspectes que refereixen més a l'observació i la interpretació.

El terme "micropolit" ens arriba amb una càrrega teòrica implícita, en la qual s'assumeix i s'accepta un origen de l'alteració d'ús de la superfície de l'útil a partir del desgast per abrasió –pèrdua de matèria i allisament subsegüent de la superfície–. El principi de l'abrasió com a causa de desgast no és formulat dintre del camp de les anàlisi de traces d'ús, sinó que prové del camp de la Geologia i del principi de l'escala de dureses de Mohs. La traceologia, com a disciplina subsidiària de l'Arqueologia –la qual a la seva vegada ho és d'altres ciències–, no podia contradir la ciència especialitzada en roques i havia de recórrer a ella per trobar principis explicatius, en lloc d'autogenerar-los a partir de les pròpies observacions i amb les inferències subsegüents, manera d'operar que hagués estat la correcta i digna per a la nostra disciplina. Les matèries "toves" com carn, os, fusta,... no podien per principi produir desgast en matèries més dures com són els sílexs. Tanmateix, no es podia ja negar que aquestes matèries "toves", mitjançant un contacte dinàmic contra la superfície de la matèria

primera que conforma l'instrument, produïen un desgast significatiu a escala microscòpica. S'havia de trobar un punt de confluència d'aquest fet contrastat amb la teoria general, en lloc de replantejar aquesta darrera –que seria la formulació correcta–. La proposició que havia de servir per articular aquesta contradicció fou que partícules sòlides aïllades –de natura mineral i llavors dures– i inserides dintre del que en conjunt és la matèria “tova” eren les causants reals del desgast observat. Evidentment, s'havia de suposar que amb l'acció dinàmica aquestes partícules es llençaven amb violència contra la superfície de l'instrument i l'erosionaven. Així, per exemple en el treball de sega de cereals els fitòlits de sílice amorf complirien aquesta funció. La teoria, com comentaré més tard, crec que està carregada de contradiccions i incoherències amb el coneixement acumulat, desembocant tot plegat en un model insostenible. Molt possiblement foren aquests punts febles els que estimularen el plantejament de propostes alternatives.

Amb tot, no fou necessari revisar ni parlar gaire sobre el model de desenvolupament d'aquest “polit” fins que no hi hagué una teoria que el contradigués⁶¹. Aquest model contraposat arriba amb el treball de J. Witthoft (WITTHOFT 1955, 1967), on es plantegen els principis de la teoria d'origen del polit com a deposició de sílice amorf. Aclarim que no és estrictament un treball de traces d'ús, sinó que tracta més aviat de la teoria cristal·logràfica que explica la degradació dels materials lítics des d'una base química.

J. Witthoft planteja obertament la possibilitat de la fusió de la superfície de l'instrument a escala micrònica per continu escalfament (fins i tot en les falç de metall) i en relació a la temperatura generada per la fricció en el procés de treball. La comparació que fa entre instruments de metall i de roca no és gens vàlida per raons òbvies de la natura diferencial de les matèries primeres. Nega l'abrasió, pel principi de la geologia que els materials tous no erosionen els que són més durs. Partint d'aquí, si assumeix un mínim de factor abrasiu ho fa recorrent a determinar el principi actiu en les partícules més dures components de la matèria treballada.

Parla d'augment de volum, de pèrdua d'humitat, de matèria fosa líquida després refredada i solidificada, de pèrdua de l'estructura cristal·lina, de pèrdua de duresa i de pèrdua de la massa (WITTHOFT 1967: 385); com podem veure un procés complex

⁶¹ De fet no existeixen –o no he sabut trobar– treballs específics que desenvolupin aquest treball teòric, només trobant referències superficials i assumpcions en treballs de S.A. Semenov, com ja he esmentat, que són dedicats a altra temàtica.

massa carregat d'intuïcions i amb poques –per no dir cap– asseveració. Planteja el model molt en relació al polit de cereals, però també l'estén al polit de fusta, sent més agosarat i atribuint-li l'origen en la fusió de la matèria primera a gran escala –abans era a nivell micrònic– per la fricció, però també per la intervenció de partícules de “pols”.

Molt posteriorment, el model de desgast per abrasió també s'especifica en algunes aportacions fetes dintre del marc del congrés d'anàlisi funcional de Burnaby (Canadà) al 1977. Tanmateix, els models explicatius a què es recorrerà no seran originals, sinó que provinents d'altres disciplines científiques com la ciència de materials. Segons S. Yamada (YAMADA 1993) parlen amb termes extrets de la tribologia, però sense dir que fan tribologia. Els models que usen ja són existents i s'apliquen sense observacions específiques prèvies pròpies.

Així, J. Kamminga extreu el seu model del de D.C. Cornish i I.M. Watt (CORNISH 1961; CORNISH, WATT 1963, 1966) per explicar el desgast dels vidres. Els lligams de SiO_2 es trenquen com a conseqüència d'un silicat generalment òxid que entra en contacte amb l'aigua i el sílice de la matèria primera de l'instrument, provocant conjuntament un efecte polidor quan s'activen aquests elements a partir de la dinàmica del treball (KAMMINGA 1979).

G. Diamond per la seva banda pren les teories de E. Rabinowicz (RABINOWICZ 1965) i F.P. Bowden i D. Tabor (BOWDEN, TABOR 1956) pensades per a l'explicació del polit dels metalls. Són teories de l'abrasió, on els agents motors són partícules sòlides dures micròniques (DIAMOND 1979). Amb aquest model pres al peu de la lletra, G. Diamond nega rotundament el principi de fusió i redeposició (DIAMOND 1979: 163-164).

Tanmateix, les postures no són sempre tan tancades. Per exemple, T.A. Del Bene reconeix la possibilitat de la intervenció del factor químic i la possible intrusió de matèria aliena per deposició, però considera aquests efectes de caràcter molt marginal (DEL BENE 1979). Addueix tot seguit –i en part com a conseqüència d'aquesta marginalitat– que l'asseveració d'aquest fenomen no aporta res de significatiu al fet de la interpretació funcional (DEL BENE 1979: 171-172). Amb tot considera que existeixen una sèrie de problemes greus en quant a la teoria de l'abrasió per explicar el desgast en els treballs sobre materials més tous i també per allò que s'intueix de les imatges per SEM, on el model d'abrasió no explica amb exactitud “allò que es veu” (?¿) (DEL BENE 1979: 176).

El debat, tot i tenir ja a aquestes alçades prou elements de referència per poder-se sostenir, no pren embranzida fins als anys 80 del segle XX amb el plantejament de la polèmica teoria de la dissolució del gel de sílice. Són les traceòlogues P. Anderson i E. Mansur les que recolzen aquesta teoria de formació del micropolit (ANDERSON-GERFAUD 1980, 1981: 100-105; MANSUR 1983: 44-47, 100, 112 i 126), amb poques diferències significatives entre les seves presentacions particulars. Val a dir que P. Anderson ha estat la defensora de la teoria de la deposició per antonomàsia, molt possiblement per la seva àmplia publicació al respecte. Malgrat tot, la teoria de P. Anderson està elaborada a partir dels resultats d'observacions prèvies de L.H. Keeley amb SEM, com ella mateix reconeix (ANDERSON 1980: 181).

P. Anderson planteja el model de la dissolució del gel de sílice i posterior deposició per donar explicació principalment als polits que són resultat del treball de cereal, tal com feia J. Witthoft. De fet, el model no divergeix gaire del d'aquest autor; es basa en l'acció de la calor i la química àcida dels elements que entren en contacte dinàmic en la interfase “matèria treballada/superfície de l'instrument”, factors que provoquen una dissolució del sílice amorf, el qual posteriorment es rediposita a sobre de la superfície de l'útil en forma de micropolit. Sembla així mateix que els polits resultants de treball sobre matèries toves els relaciona més amb l'abradió, interpretant l'aigua com a factor erosiu (ANDERSON 1980).

La teoria que planteja no té caràcter hipotètic en cap moment, aportant proves de l'addició en els residus que segons ella s'observen microscòpicament incrustats en la matèria primera de l'útil (ANDERSON 1980: 183). Especifica els fitòlits i residus als quals es refereix, amb un grau d'identificació i certitud molt exacte –potser massa per al que donen de si les anàlisis de fitòlits.

Planteja el fenomen de la “recristalització” (ANDERSON 1980: 185) dintre d'una teoria complexa amb termes que impliquen fenòmens físics i químics totalment hipotètics a partir d'intuïcions inspirades –i molt agosarades– en les observacions amb SEM. Tot seguit, en les mateixes observacions no atribueix a l'abradió un paper rellevant en el procés de formació del polit. Afirma que certificar aquesta és difícil, amb la qual cosa ens hauria d'explicar com, en contrapartida, veu tan evident la formació del gel de sílice. Valoracions d'aquesta mena contradiuen desenes d'observacions acumulades en anàlisis de traces d'ús, fins i tot a partir de materials arqueològics, on en molts casos podem evidenciar talls fortament desgastats per treball –és a dir, amb

pèrdua de matèria primera del tall de l'instrument—; recorro per exemple a observacions personals de dents de falç (BRIZ, PIJOAN 2003).

En definitiva, en el model general que queda P. Anderson i E. Mansur plantegen la intervenció d'una sèrie de variables formatives: 1) quantitat d'aigua en l'interfase, 2) sílice amorf de la matèria treballada, 3) temperatura desplegada en el procés dinàmic i, el que resulta ser la funció de totes les tres anteriors, 4) la concentració o densitat de sílice en l'interfase. Aquestes variables bàsiques poden veure catalitzat el seu paper per: 1) la pujada de la temperatura, 2) una pressió elevada, 3) una abrasió o fricció elevades, 4) un PH extrem i 5) el contacte amb altres gels amorfs com els dels cereals.

Malgrat que el model està especialment pensat per donar explicació als “micropolits” de cereals, l'acaba estenent per al casos de treball sobre os (ANDERSON 1980: 190), malgrat que en aquest cas atorga un major pes als factors de fricció i abrasió (?). Ara els afegitons de residus en la matèria primera són de calci i fòsfor.

La seva teoria implicaria en darrera instància la possibilitat d'anàlisis funcionals a partir dels residus que s'observessin inserits en la matèria primera lítica, la qual cosa permetria uns nivells d'exactitud i fiabilitat superiors als convencionals (ANDERSON 1980: 191).

Apareixen tot seguit una sèrie de treballs de resposta a P. Anderson. No es pot afirmar però, veient el panorama general subsegüent, que hi hagi una resposta netament “abrationista”, doncs hi ha molts matisos en cadascun dels treballs que els fan particulars. Tampoc crec que sigui una dicotomia entre una teoria que dóna primacia als factors físics i una altra que la dóna als factors químics com alguns autors han volgut interpretar (per ex. SALA 1993: 54), doncs hi ha certament mixtures de totes dues. Tanmateix, reafirmo que se'ls pot considerar treballs de resposta, car en pràcticament tots aquests hi ha clares al·lusions a la proposta de P. Anderson i ningú pràcticament recorda J. Witthoft.

Per exemple, una investigadora com A. Masson recolza les hipòtesis de la formació per abrasió (MASSON 1981: 69-72, 1982), però recorrent contínuament a la negació de la hipòtesi del gel de sílice de P. Anderson.

Els seus arguments val a dir que són prou contundents. Principalment estan basats en el fet que les temperatures de fusió pertinents per al sílice són massa altes com per poder ser assolides en la fricció generada en el desenvolupament de treballs manuals com els implicats. Dóna xifres molts versemblants i creïbles, sobretot tenint en compte la formació de l'autora en geologia. Tanmateix, aquestes dades estan preses des del

camp de les aplicacions industrials (MASSON 1981: 70), no sent fruit de treballs personals propis on hagi estudiat quines són les temperatures que es poden assolir realment en un treball de fricció amb eines lítiques. És a dir, es poden saber les temperatures generals, però ningú pot asseverar que molt localitzadament –espacial i temporalment– s’assoleixi o no la temperatura necessària de fusió; aquest serà un dels arguments que mantindran els defensors de la formació per dipòsit⁶².

A. Masson acusa els partidaris de la teoria del gel de sílice de no haver emprat les tècniques adequades, fins i tot confonent els resultats que ells mateixos han obtingut: *“Les contrôles à la microsonde sur les phytolites (Anderson, 1980) ont obtenu une réponse de silicium mais on voit mal ce que les formes en question pourraient amener d’autre. Quoi qu’il soit, savoir qu’il s’agit de silice ne nous dit pas s’il s’agit de calcédoine ou d’opale réellement amorphe”* (MASSON 1981: 70). Com podem veure una acusació molt dura de fer i de portar a sobre. Tot seguit, afegeix que si el “micropolit” estigués realment format de sílice amorf, no podria resistir l’embat dels efectes post-deposicionals (MASSON 1981: 71).

En un treball posterior (MASSON 1982), mitjançant una difracció per raigs X, A. Masson afirma que la capa de sílice amorf que es pot formar a sobre de la superfície és massa estreta com per tenir poder diagnòstic –1 nanòmetre contra els 10 micròmetres que sostenia P. Anderson–, com per poder assumir partícules orgàniques completes i com per poder subsistir enfront als processos post-deposicionals degut a la inestabilitat del sílice amorf. Tot i la negació dels extrems que afirmen E. Mansur i P. Anderson, A. Masson creu que hi ha un cert grau d’acció química en la formació del “micropolit”, malgrat que de caire molt marginal.

N. D. Meeks, G. Sieveking, M. Tite i J. Cook (MEEKS et al. 1982) fan una aportació al debat, també a partir de la negació del model de P. Anderson. Segons els autors, l’aspecte brillant del micropolit és resultat de la reflexió global de la llum a sobre de la superfície, la qual a nivell micro presenta multitud de fractures arrodonides i polides posteriorment (MEEKS et al. 1982: 337). Amb aquesta afirmació, treuen crèdit a les intuïcions de P. Anderson que recordem “veia” aparences fluides en el polit, les quals pretenia vincular amb un estadi “líquid” previ de la superfície observada. Elaboren perfils d’instruments usats per poder mesurar el gruix de la suposada capa de deposició, la qual s’hauria de formar i evidenciar segons el model de P. Anderson.

⁶² Val a dir que tenint en compte la conducta entròpica del calor, com a flux d’energia que és, a algú li pot resultar versemblant que a una escala microcòsmica aquestes temperatures pertinents s’assoleixin.

També l'analitzen químicament. El resultat és que res els fa pensar en la presència plausible d'un dipòsit.

Afirmen que la imatge que P. Anderson mostra en el seu treball per recolzar que el "micropolit" posseeix una espessor de 10 micròmetres és resultat d'una presa fotogràfica errònia, car es fixa l'objectiu en el perfil d'una escletxa en la matèria primera sobre la qual s'havia format "micropolit". Segons els principis de l'abrasió que ells defensen, el sílice de les plantes no pot agredir el sílex, donat que és molt més dur. Tanmateix i en darrera instància, admeten la possibilitat que es pugui donar alguna mena d'intercanvi de sílice, però mai en forma de dipòsit.

En el model definitiu que proposen, les variables que consideren són: 1) fricció entre la planta –sempre cereals– i la làmina a resultes del moviment de l'eina i un medi polidor constituït per la humitat, 2) fitòlits opalins –malgrat que en el mateix treball en unes altres línies, contradient-se, els neguen cap intervenció–, 3) tiges toves de les plantes i 4) partícules molt fines de pols en el punt de contacte. Tots els agents són netament de caire abrasiu.

Els recolzaments de la teoria de deposició també tenen els seus matisos. R. Unger-Hamilton a partir del seu treball recolza la teoria del gel de sílice (UNGER-HAMILTON 1984); però tanmateix, nega haver trobat residus inclosos en la capa de poliment i els fitòlits resten absents. Els trobats per la P. Anderson els relaciona amb residus del propi instrument, fet que per altra banda dóna poc crèdit a la possibilitat de fer una recerca guiada en aquest sentit per a poder establir funcionalitats dels útils. Creu que la capa de sílice amorf superficial dipositada és molt més prima del que afirma P. Anderson. Tanmateix, per altra banda sí que creu que existeixi la intervenció d'una activitat química forta, on prendrien paper rellevant els fòssils inclosos dintre de la roca. Amb tot, no exclou en cap moment l'abrasió com a factor formatiu. Una divergència significativa amb la teoria de P. Anderson és que descarta la deposició d'una capa de sílice amorf, considerant que l'únic que es produeix és la dissolució química de la superfície. En darrera instància, ho deixa tot en la hipòtesi i creu que cal una major formació en química i geologia per poder plantejar el problema d'una forma correcta i adequada.

S. Yamada proposa una solució a partir de recórrer a la tribologia, disciplina de la física de materials que tracta sobre el desgast de superfícies en contacte dinàmic (YAMADA 1993). En el seu treball, S. Yamada comença per recordar que investiguem quelcom aparent: un resultat fenomenològic respecte al qual no disposem de cap

coneixement definitiu del procés dinàmic que l'ha format. Afirmar que aquesta ignorància està en la base de diverses preguntes ulteriors, com serien el nivell de generalització d'allò que veiem com a traces d'ús en uns casos concrets i experimentals, implicant conseqüentment la selecció d'atributs de les traces d'ús que han de ser tinguts en compte.

Anant més al gra, pren partit en el debat i desmenteix la hipòtesi del gel de sílice a partir dels resultats d'un estudi personal, basat en analítiques i observacions de superfícies alterades per ús en diferents estadis de desenvolupament. Segons l'observat per ell mateix, el fenomen del polit es produït per “*wear*” –”desgast”, és a dir abrasió, “pèrdua de substància” segons OECD, 1969–, definició elaborada en el camp de la tribologia. Dóna una definició de tribologia: “*the science and technology of interacting surfaces in relative motion and of the practices related thereto*”, també extreta de OECD, 1969 (YAMADA 1993: 434). “*Wear*” en tribologia es referiria simplement a allò que en anàlisi de traces d'ús seria el “micropolit”, sense incloure els escantells i microescantells⁶³. En anàlisi de traces d'ús fem “abrasió” per denominar aquest mateix fenomen, mentre que en tribologia l'abrasió és un tipus de “*wear*” –desgast– específic, el produït en forma de desplaçaments de matèria per partícules o protuberàncies dures.

L'instrument emprat per S. Yamada per fer les seves observacions és el SEM. Desenvolupa un programa experimental sobre una mena d'esquist silificat, sense estructura fullada. Segons ell els efectes d'alteració d'ús són similars als que s'obtidrien comunament amb sílex.

El disseny del programa experimental està pensat perquè permeti fer inferències sobre el procés de formació de l'alteració d'ús en superfície. Per a tal efecte, du a terme experiments en intervals de temps progressius i acumulatius, fent observacions sobre els mateixos instruments experimentals posteriorment a cadascun d'aquests moments i fixant-se en l'evolució de la superfície en els diferents estadis de desenvolupament de l'alteració d'ús en les mateixes àrees concretes. Pretén inferir en funció de l'observat si hi ha hagut una erosió o pel contrari una atribució de matèria que el facin decantar per un model teòric o altre.

⁶³ La tribologia sols implica l'estudi de la conducta de les superfícies de materials en contacte dinàmic, sense incloure la fractura que vindria a ser com una situació en què el contacte s'interromp. L'escantellament per a la tribologia és una fractura, no un desgast. Com es pot veure aquesta és una perspectiva aliena a la que normalment fem servir els i les arqueòlegs/gues analistes en traces d'ús.

Presenta el problema de la deformació del microscopi òptic i remarca la diferència existent entre les aparences del micropolit amb SEM i amb microscopi òptic, que sobre la mateixa àrea donen imatges ben diferents i pràcticament incomparables. La imatge del SEM no presenta ombres i la tridimensionalitat que en ella s'infereix és correspon a la real. Segons ell, és llavors quan es fa palès que l'efecte de micropolit additiu –que esmenten P. Anderson i E. Mansur com a principi de la seva teoria– és un efecte visual per la manca de profunditat de camp del microscopi òptic –el qual exagera l'efecte 3D que infereixen els nostres mecanismes visuals–. En conseqüència, les estriacions també són exagerades amb el microscopi òptic.

Segons S. Yamada el SEM aporta informació molt pertinent sobre la natura de les estries. Segons les seves observacions i inferències, “estries” i “micropolit” no han de ser tractades com dues coses diferents, com s’ha solgut fer en la teoria de traces d’ús. En el model que planteja, el “micropolit” és resultat de l’acumulació de petites estriacions que acaben prenent una aparença de superfície i les “estries” correspondrien a estadis inicials de formació de micropolit.

Continua afirmant que generalment les característiques de l’alteració d’ús observades amb òptic no es poden visualitzar amb el SEM, però que fent una observació més detinguda sí que es mostren i són similars. Textualment diu: “[...] *“polish” variations observable under OLM are observable under SEM as different surface topographies. Whether these correspond to types of worked materials or not is another problem [...]*” (YAMADA 1993: 439). Amb aquesta ambigua frase deixa una porta oberta a l’escepticisme sobre el valor de les observacions amb SEM. Malgrat tot segons ell, un avantatge del SEM és que per a polits poc desenvolupats és molt eficient com a eina d’observació. El dilema està en el fet que entre 200 i 2500 augments el patró de la superfície alterada és similar. Això és degut segons Yamada a la natura fractal del micropolit, que dóna com certa fent referència al treball que va signar R. Grace i altres autors (REES et al. 1988).

En darrera instància, reconeix que mitjançant les seves observacions no pot afirmar categòricament que la natura del fenomen sigui l’abradió o l’addició, però sí descarta la presència de capes superficials i els efectes de profunditat que alguns autors han descrit en el “micropolit”. Es declara partidari del model de N. D. Meeks, G. Sieveking, M. Tite i J. Cook (MEEKS et al. 1982) que, com ja he comentat, són partidaris de la formació per abradió.

Entre les proves que aporta per recolzar les seves conclusions estan les fotografies que va prendre durant l'observació (YAMADA 1993: 440-442), on aparentment sembla evident una pèrdua de matèria en la superfície lítica.

Un argument de la teoria del gel de sílice, al qual li resta tot tipus de crèdit, és que l'aigua durant la fricció acaba integrant-se en el sílex, rehidratant-lo per a passar a ser un dels elements que provoca l'aparença brillant de la superfície alterada. En el camp de la teoria tribològica l'aigua no és més que un catalitzador del procés d'abrasió, com així ho prova l'aportació d'aigua en l'esmola de ganivets –efecte concret de la seva funció de lubricant–. En conseqüència, no creu plausible que en una capa de fluid de sílice solidificat de pocs micro-mil·límetres puguin adherir-s'hi partícules vegetals, com proposa P. Anderson.

En darrera instància recolza un model de formació del “micropolit” on els factors de la matèria treballada que intervenen són 1) duresa, 2) viscositat i elasticitat i 3) textura de la superfície, model que extreu del treball de T. Midoshima (MIDOSHIMA 1988). Evidentment, d'això es desprèn que aquests tres factors són agents abrasius que determinen el grau i la forma de l'alteració.

En el mateix volum on és publicat el treball de S. Yamada, I. Levi-Sala (LEVI-SALA 1993) fa una altra defensa de la teoria de l'abrasió, també des d'una perspectiva que recorda les teories de física de materials. Entén l'abrasió com un aixecament de matèria de la superfície original, conclusió que ella extreu dels experiments amb abrasius, que sempre són els que acaben presentant polits més desenvolupats, extrem potser una mica agosarat i massa depenent de què considerem com “polít desenvolupat”. Considera l'aigua o humitat com un agent abrasiu –físic llavors–, negant la seva potencialitat com agent químic que s'havia apuntat en la teoria de deposició. Malgrat tot, val a apuntar que en els experiments on utilitza aigua no obté polít més desenvolupats en cap sentit⁶⁴.

Respecte a la capa superficial de sílice amorf li dóna una espessor màxima d'un micròmetre – recordem els 10 que valorava de P. Anderson–. Nega la possibilitat de la fusió de el sílice sota l'argument de l'absència de signes de “cremació” en les seves observacions personals, el qual per altra banda no s'adequa gaire al que plantejaven J. Witthoft i P. Anderson. Distingeix com dues coses diferents el gel de sílice i el sílice

⁶⁴ Aquests resultats també es corresponen amb els dels meus propis experiments sobre fusta i fusta mullada, on no es poden apreciar diferències significatives en el desenvolupament de l'alteració d'ús en superfície. Fins i tot en algun cas en els experiments amb fusta mullada el poliment desenvolupat és menor.

amorf, sent el primer un compost donat i el segon un estat de la matèria definit sota un terme no molt afortunat.

Donat que la teoria de la deposició del gel de sílice obria la possibilitat de fer determinacions funcionals a partir dels dipòsits de residus de la matèria treballada, els principals interessats que el model fos cert eren aquells qui es dedicaven a l'observació de residus en estris lítics arqueològics. Així trobem un treball signat per R.L.K. Fullagar (FULLAGAR 1991) que és una autèntica elegia de la teoria de P. Anderson.

L'escrit al que em refereixo parteix de l'afirmació que existeix una gran variabilitat en el "micropolit" generat en els instruments per treball de past, fusta i altres plantes en el context d'Austràlia. La finalitat de l'article és controlar el paper de la variable "*silica*" en la formació del "micropolit" (FULLAGAR 1991: 1). La connexió està en els fitòlits, com cossos que són formats per sílice i que segons la teoria són agents protagonistes per a la comprensió del procés de formació del micropolit en matèries treballades d'origen vegetal. Estranyament, per recolzar aquests arguments empra la cita del treball de J. Kamminga (KAMMINGA 1979), que recolza un model de formació del "micropolit" per abracció.

R.L.K. Fullagar fa referència a un interessant experiment que evidencia en els seus resultats que per a la formació del micropolit no calen partícules sòlides del material treballat que siguin més dures que la matèria primera de l'instrument (FULLAGAR 1991: 3). Es treballen blocs de gel d'aigua destil·lada, on les partícules sòlides són absents per definició; el resultat és que igualment es desenvolupa "micropolit". La conclusió és òbvia: per al desenvolupament del "micropolit" només cal aigua i una superfície dura que presenti resistència. El que no s'entén és com, a partir d'aquest experiment, l'autor es qüestiona la certitud de les teories de l'abracció, quan de fet el que qüestionen és la teoria del gel de sílice. Menys s'entén quan considera –en el mateix paràgraf– que s'hauria de valorar la possibilitat que el sílice erosionat del propi instrument hagués estat un factor que s'hauria afegit al desgast.

Dóna molta credibilitat a la teoria de desgast de D.C. Cornish (CORNISH 1961). En aquest model apareixen uns catalitzadors, agents i elements químics que intervenen en el procés de formació de l'alteració d'ús.

Es presenta la seqüència de formació del micropolit que Cornish planteja (FULLAGAR 1991: 6). Cadascuna de les matèries passa o queda en un dels estadis de formació; els polits tous, per exemple, no passen del segon estadi, els de fusta i els de sega passen al darrer, en els quals ja es forma el fenomen de re-deposició de el sílice

amorf dels fitòlits i de la matèria vegetal. És la típica teoria que de tan sòlida que és esdevé inversemblant, donat que redueix les diferències del “micropolits” produïts per la fricció amb diferents matèries treballades a una gradació quantitativa simple. Els “micropolits” són produïts per matèries treballades que en les seves propietats essencials són molt diferents en molts aspectes –rigidesa, elasticitat, textura,...-. Tota la diferència no es pot reduir llavors a una adscripció quantitativa diferencial, donat que la síntesi dels factors que intervenen no pot resultar a una simple gradació del mateix fenomen, donat que el procés és ben diferent des d’un bon principi.

En coherència al seu objectiu de determinar el paper del factor “sílice” en la formació del micropolit, presenta un llistat dels diferents vegetals d’Austràlia graduats a partir de les seves quantitats de sílice (FULLAGAR 1991: 7-8). Els únics que en tenen quantitats considerables són els cereals, però moltes altres plantes, fins i tot llenyoses, en tenen molt menys. Això significaria que les matèries treballades que produïrien “polits de fitòlits” serien principalment cereals. El que a mi m’inquieta és que, partint d’aquesta hipòtesi, no es pot entendre com la fricció contra fusta permet desenvolupar polits tant potents si la quantitat de fitòlits que s’hi troben en la seva composició és tan baixa.

Desenvolupa un programa experimental on vol corroborar la correlació entre la quantitat de sílice de les plantes i el polit aparegut en la superfície de l’instrument. Tal correlació no existeix, o com a mínim no existeix rígidament (FULLAGAR 1991: 13), fet que per la meua banda no em resulta gens estrany. Aquestes són les seves conclusions, malgrat que no s’entén com du a terme les relacions causals entre el polit i el sílice, o en què es fixa del micropolit per relacionar-ho amb el sílice –amb la textura, la dispersió, el desenvolupament,...-; ell mateix reconeix que és problemàtic (FULLAGAR 1991: 8). En el paràgraf anterior reconeix el problema de mantenir un disseny d’experiment estable per poder fer inferències de la mena que ell pretén, cosa que pot complicar la comparació polit i sílice, donat que en la formació del polit podrien entrar més factors, no limitant-se només al sílice.

Paradoxalment i contra tot resultat per ell mateix obtingut, conclou que el sílice amorf de les plantes és un important factor de formació del micropolit en els treballs de cinemàtica transversal i quan la matèria treballada és fresca. Aquest segon factor està en relació amb el tema de l’aigua com a catalitzador. Aquest model explicatiu pateix flagrants contradiccions, com per exemple el bambú sec que produeix un polit molt desenvolupat; jo dic: ¿no serà que al ser més tou salten menys escantells i el polit

llavors pot perdurar fins un major desenvolupament? Ell ho argumenta dient que la manca d'aigua es compensa per una alta quantitat de sílice en aquesta espècie vegetal.

És evident que R.L.K. Fullagar vol afirmar que el sílice és un factor principal per a la formació del micropolit, al preu que sia; almenys crec que això es desprèn de les interpretacions oportunistes dels resultats. Si el polit de tots els vegetals és similar en quant s'ha produït en funció de les mateixes causes, és llavors inversemblant allò que ell addueix en els casos que els experiments no resulten com a ell l'hi interessa: que en els casos en què no hi ha correspondència entre sílice i atributs del micropolit es perquè altres factors que no són el sílice han estat els potenciadors de la formació del micropolit. Llavors, si aquest fos el cas, s'hauria de concloure que aquests micropolits són d'aparença diferent, i tots sabem que aquest no és el cas i ni ell mateix afirma aquest extrem (FULLAGAR 1991: 18).

Nega que el sílice propi de la matèria primera de l'instrument produeixi el polit en desprendre's (FULLAGAR 1991: 19). Molt discutible aquest extrem, més quan primerament assumia que el sílice amorf pot alterar el cristal·lí d'estructura més rígida.

Com a extensió del model, planteja una hipòtesis sobre el per què d'un major desenvolupament de micropolit en sílex de gra fi que en sílex de gra gros: en els primers és més fàcil la formació d'una capa de gel de sílice que en els segons.⁶⁵

Els esforços per donar versemblança a la teoria general de la deposició han continuat amb treballs que pretenen aconseguir una major objectivitat en les observacions. Així tenim el treball de L.R. Kimball, J.F. Kimball i P.E. Allen (KIMBALL et al. 1995), basat en observacions mitjançant un Microscopi de Força Atòmica –AFM, *Atomic Force Microscope*– a alts augments.

En el treball es parla també de problemes de quantificació i de la subjectivitat del mètode convencional (KIMBALL et al. 1995: 7), que posteriorment ja comentarem breument. El cos d'interès de l'article continua sent els processos de formació del "micropolit" (KIMBALL et al. 1995: 8-9).

Fan una crítica a la disciplina en general per la incapacitat de generar una teoria unificada per a tot el conjunt de traces d'ús, denunciant que les teories existents en

⁶⁵ Arribats en aquest punt, es palesa la tristesa del model unilineal que planteja l'autor. Obcecat pel paper cabdal de la variable "silica", s'oblida que poden haver més factors formatius que a la seva vegada no tenen perquè actuar aïlladament i unilinealment. En aquest exemple, no té en compte altres factors molt més versemblants com que els sílex de gra gros tenen una topografia més irregular, fet que comporta que el desgast es desenvolupi majorment en les seves parts més altes, fent-se palesa principalment en matèries dures al ser aquestes de més rigidesa i amb menor penetració en les "valls" de la superfície natural del sílex. Mentre, els sílex de gra fi, en ser més llisos i de topografia més suau, permeten un desgast més homogeni en tota l'amplitud de la superfície.

aquell moment només expliquen aspectes sobre la formació d'un tipus de micropolit (KIMBALL et al. 1995: 9).

Si la major part d'autors proposen el SEM com eina per poder fer inferències al respecte del tema de la formació del “micropolit”, ells reivindiquen el AFM per a aquesta fi (KIMBALL et al. 1995: 10). Segons afirmen, amb aquest instrument es pot “mesurar” l'observat, per extensió “quantificar-lo”.

El cas concret és que l'andròmina en qüestió dóna imatges de superfícies en tres dimensions sense problemes de profunditat de camp, amb la qual cosa –altre cop– es poden dur a terme mesures de la rugositat de la superfície (KIMBALL et al. 1995: 15).

Ja en darrera instància, els autors es decanten pel model de formació del “micropolit” de P. Anderson, potser amb massa lleugeresa i amb una comprovació barroera, sota arguments que es recolzen en l'aparença de la projecció en 3D (KIMBALL et al. 1995: 26). Per a la pell i per a la carn ja no els agrada el model de P. Anderson, continuant però amb la mateixa manca de solidesa en els arguments aportats. Llavors la teoria unificada que reclamaven a l'inici del text (KIMBALL et al. 1995: 9) ja no és possible en cap sentit.

El mecanisme d'inferència concret que empren cau en la ingenuïtat de pretendre fotografiar àrees micròniques abans i després de la formació del “micropolit”, sense tenir en compte dos fets: 1) localitzar i orientar exactament com en la imatge anterior la mateixa àrea és força difícil, 2) és que, en cas d'aconseguir 1) fent molta abstracció del concepte “espai”, l'avaluació i identificació del que era i del que és ha de ser difícil –per no dir impossible– donat que allò posterior està “alterat” –és a dir, és una altra cosa– i per definició no és el mateix. En definitiva els canvis són de difícil avaluació. La determinació de punts de referència que serveixin per a l'avaluació és difícil, donat que les pèrdues de matèria –per redistribució, fractures o desgast micrònic– provoquen la seva posterior inexistència *de facto* com a matèria que conforma l'instrument.

No deixa de sorprendre que el treball anterior no convenci ni a la pròpia P. Anderson, malgrat que en les conclusions es recolzava explícitament el seu model, desacord que deixa palès en un article que signa amb L. Astruc, R. Vargiolu i H. Zahouani. (ANDERSON et al. 1998). Contradiuen el treball de L.R. Kimball, J.F. Kimball i P.E. Allen (KIMBALL et al. 1995) argüint que les mesures que tenien en compte no eren prou vàlides, donat que els Ra –desviació típica– en les valls de l'àrea escanejada eren massa alts i artificiosos (?), a resultes que en la mostra treballada les superfícies no eren sempre isotròpiques. Es treballa amb imatges de superfícies 3D

extretes mitjançant rugosímetre i llavors sobre les microtopografies es duen a terme una sèrie de còmputos. Es troben diferències entre diverses imatges que mostren els efectes de treballs de cereals i past, així com també trills. Així mateix, també es troben diferències dintre dels mateixos grups d'ús, sobre els quals no s'especifica cap identificació explícita de les causes que les provoquen. Sí que afirmen de forma més general que corresponen a diferents tessitures per dur a terme els mateixos treballs, però no s'entén en quin sentit, fent associacions peculiars a partir d'intuïcions personals.

En les conclusions del treball, i ben possiblement perquè les diferents autores signants opten per divergents teories de formació del micropolit, es tenen en compte factors abrasius alhora que es continua considerant el fet de la deposició de matèria procedent de l'objecte treballat. Sembla, en definitiva, un model molt més “moderat” que els anteriors a l'hora de voler adscriure les causes de la formació i gènesi de l'alteració en ús de la superfície.

Més enllà dels dos models explicatius de la formació del “micropolit” explanats fins ara, voldria afegir la existència d'un tercer que ha passat gairebé desapercbut per diverses qüestions –com podrien ser geo-acadèmiques–. Em refereixo a la teoria que es va acabar explicitant en el model reològic de R. Sala (SALA 1993), desenvolupat per aquest investigador i parcialment seguit per altres membres de la Universitat Rovira i Virgili (VERGÈS 2002, OLLÉ 2002).

Els precedent d'aquest model ja es podrien trobar en les hipòtesis de formació explicitades per S.A. Semenov, on com ja comentàvem anteriorment es planteja la possible deformació física de la superfície per les pressions exercides a sobre d'ella en una micro-escala (SEMENOV 1981: 29; T.O. 1957).

Els físics B.R. Lawn i D.B. Marshall són una font d'inspiració per al treball de R. Sala que aquest mateix autor reconeix. El seu treball és molt puntual, malgrat que en tractar el problema de les traces d'ús des de la perspectiva de la física de materials resulta summament atractiu (LAWN, MARSHALL 1979). D'aquests autors R. Sala extreu la noció d'“esforç” –*stress*–, que és el pilar en la conceptualització del procés de deformacions d'ús que ell planteja. Amb tot, el model de B.R. Lawn i D.B. Marshall és bàsicament abrasiu, integrant factors d'estrès i fractura des de la física de materials, factors principalment de caire físic.

K. Knutsson també és un altre autor que inspira R. Sala en la elaboració del seu model reològic (KNUTSSON 1988). K. Knutsson proposa recórrer a la tribologia –com més tard ho faria S. Yamada– per elaborar un model per a la formació de les traces d'ús,

en el qual té en compte el paper que hi tindrien les propietats plàstiques de la matèria primera en què està manufacturat l'instrument. La teoria, amb tot, dona molt relleu a les hipòtesis que recolzen la formació d'un dipòsit residual, tot i que d'una forma aparentment més complexa que la que planteja P. Anderson i on entren combinats una sèrie d'altres factors de pressió i deformació, així com també l'abradió.

R. Sala s'allunya de la teoria de l'abradió, definint-la literalment com una explicació "escadussera" (SALA 1993: 63). En conseqüència, posa en dubte la terminologia convencional, com per exemple "polít", que sempre fica entre cometes ficant en dubte la seva validesa ontològica.

En contraposició, proposa una anàlisi a partir de "[...] *la realitat física dels processos de treball dels instruments lítics*" (SALA 1993: 63). És a dir, dintre de la dicotomia sobre com es poden entendre les traces d'ús, o bé com a processos de treball –com a tal fets socials– o bé com a processos físics –de ser processos dinàmics de fricció entre superfícies–, és apostar per la perspectiva darrera. Com a mostra el següent extracte: "*En el treball d'un instrument es produeix una interacció entre dues realitats físiques: la del propi instrument i la de l'objecte treballat. Per tant, si són dues realitats físiques, amb característiques i components físiques, cal buscar un model i unes variables de contrastació que responguin a aquesta concepció, no a concepcions arqueològiques. Aquest model l'hem trobat [...] en el concepte d'esforç com articulador d'una metodologia diferent*" (SALA 1993: 63). Segons els seus arguments, amb aquesta concepció és possible assumir una visió holista. En conseqüència a aquesta reflexió, considera coherent la successió d'un canvi en el llenguatge. Segons ell, en lloc de parlar de "traces", s'ha de passar a parlar de "processos de deformació", entesos globalment. Copsant el sentit darrer del que vol expressar R. Sala, crec que més que un canvi en el llenguatge, és més peremptori un canvi en la concepció de "què" és i d'"on" prové la traça d'ús; en altres paraules, podem continuar dient-li "traça" si assumim clarament la seva conceptualització com a fenomen i no com a objecte essencial, conceptualització aquesta darrera que l'allunya de la realitat dels processos de formació per atansar-la a la de la metafísica.

També considero que el problema és que dintre del concepte d'"esforç" s'integren allò que en la realitat concreta serien massa variables diferents. Crec que així es corre el perill de perdre detall en el procés formatiu. Malgrat tot, sí que encerta en quan entén que les traces individuals han de desaparèixer per donar pas a la concepció d'un procés de modificació (SALA 1993: 64). Això no obstant, crec que R. Sala cau en

el mateix error (SALA 1993: 64), quan assumeix que les estries són més similars als “escantells” que no al “micropolit”. En darrera instància, el concepte de “deformació plàstica” li serveix per voler entendre cada traça com resultat d’un efecte definit concret, acabant caient en el mateix error que critica.

Dins d’aquest model es dóna crèdit a la formació de l’alteració per dipòsit de P. Anderson, les diferències però estan en els factors que la produeixen segons R. Sala. *“Quan un instrument actua sobre un altre material ha de vèncer la resistència d’aquest a ser modificat i transformat. La pròpia estructura morfològica de l’instrument està dissenyada per aconseguir-ho. [...] els agents que produeixen les deformacions no són el material treballat i el temps sinó aquells que permeten la remobilització de matèria o el trencament dels lligams atòmics en la xarxa cristal·lina: pressió, temperatura, temps...”* (SALA 1993: 68). La perspectiva física –d’intervenció d’un procés dinàmic– que impliquen els termes instrumentals emprats –amb la concepció de la idea de xoc de superfícies– és ben clara.

La noció d’“esforç” (SALA 1993: 72) està extreta de M. Mattauer (MATTAUER 1976: 44): *“L’esforç es defineix com la força o pressió que rep una superfície determinada i s’expressa en unitats per àrea”*. S’entén que estrictament es refereix a l’aplicació d’energia entre superfícies determinades, amb àmplies conseqüències. La noció de “deformació” (SALA 1993: 73) també l’extreu del mateix autor: *“Per definir el terme de deformació és imprescindible de definir alhora d’altres conceptes que hi estan connectats, com són el de flux, el de ruptura, [...] Deformació és el moviment d’una part d’un cos en relació a una altra part del mateix cos de manera que aquest canvia de forma i tamany i es modifica igualment la distància entre les esmentades parts. El moviment i la modificació citats són induïts per l’aplicació d’un esforç, és a dir, una pressió i/o augment de temperatura; podent ser les parts modificades molècules, àtoms o ions”*. Segons la concepció resultant: *“[...] no es poden estudiar fenòmens individuals per, a través d’ells, identificar la matèria treballada. Aquest darrer coneixement no s’obté de forma directa sinó mediàtica i és a través d’una interpretació complexa”*, per a més posteriorment afegir: *“L’experimentació ens permetrà d’obtenir models qualitius i quantitius de l’actuació de variables i processos. La lògica de la teoria i aquesta experimentació ens han de capacitar per a interpretar quins tipus de processos de deformació han actuat i, en segon terme, dins del coneixement del procés, obtenir dades sobre l’activitat econòmica en què s’ha*

produït l'esforç. Amb aquests raonaments hem passat del camp de la teoria al de la metodologia [...] (SALA 1993: 82).

En el model que queda, “polit” i “esmussament” –com ell anomena a l’“arrodoniment”– tenen l’origen en la compressió o la deposició dels materials interactuants. “Estries” i “escantells” són englobats dintre de la categoria de remobilitzacions per ruptura a gran escala. Crec però que amb aquest reduccionisme es perd la visió holista de l’alteració general. Si tots els factors formatius es superposaven tant com s’afirmava en un principi, ja no podríem ni tan sols identificar aquestes “traces” com a tals, donat que pel seu origen podrien passar a formar part de processos combinats i no mai uniliniars.

R. Sala nega la teoria de l’abrasió. Encara més, nega l’origen de l’arrodoniment en l’abrasió (SALA 1993: 83), traça o atribut que havia estat sempre per a la major part de traceòlegs i traceòlogues –per no dir tots– explicada com a resultat del desgast. Amb tot, no s’entén com arriba a negar la pèrdua de matèria en l’“esmussament”, de fet no sé com fa per aïllar-lo d’allò que és “polit”, si no és a nivell totalment abstracte. Certament, se n’adona que l’origen dels termes “polit” i “esmussament” impliquen una sèrie de connotacions que refereixen a una teoria de gènesi per abrasió. Afirmar que el “polit” i l’“esmussament” tenen el seu origen en factors diversos, alguns cops de compressió i altres de deposició, i sembla que els aïlla perfectament, així com també aïlla les “estries”. No explica què és allò que passa quan una estria pateix compressió, ni perquè els processos de formació d’estries a sobre de les àrees comprimides són menys generadors del “polit” que els factors compressius.

Majorment, identifica els processos de compressió amb el micropolit, que és un fenomen detectable a escala x100, x200, fins a x400. Ell el passa a veure a un altre nivell d’observació, amb SEM. Arribats a aquest punt, poden entendre’s les raons per tenir en compte factors compressius en la gènesi de formació del “polit” i demés traces, car les observacions són dutes a terme en una escala micrònica, on forces que tindrien efectes desapercebuts a macroescala es fan ben evidents. No crec que amb això s’invalidin les evidències que presenten les observacions a escala macroscòpica, on factors com l’abrasió o pèrdua de matèria es fan evidents –com proven tota una sèrie d’arrodoniments experimentals i arqueològics com els resultants de tall de cereal per exemple (BRIZ, PIJOAN 2003)–. És molt possible que diferents nivells d’observació ens facin evidents diferents factors formatius de les traces d’ús, sense ser necessari que uns invalidin els altres. Allò que R. Sala equipara a “polits” ho observa a partir de

x1000, també a x3000 i algun cop a x7000 (SALA 1993: 87); en altres paraules, allò que veu a fi de comptes és una altra cosa d'allò que es veu amb microscopi òptic i/o a menys augments.

R. Sala dóna crèdit al models de P. Anderson i E. Mansur en bona mesura (SALA 1993: 87-88), expressant unívocament el fet de la formació d'un gel de sílice extremadament plàstic. Suposo que aquest extrem li facilita una explicació per a la redistribució de material en la superfície que ell infereix, donat que aquesta només es pot produir en un mitjà semi-líquid. Tanmateix, quan es valora el model global, la formació de la gel de sílice no explica tota la fenomenologia del micropolit. El model de R. Sala adquireix així la independència suficient i se'l pot considerar un model alternatiu als de dipòsit i als d'abració. Per una banda integra els factors que plantegen totes dues teories, alhora que n'inclou de nous, com seria la deformació plàstica de la superfície per la interacció de diversos factors combinats. És en aquest sentit de novetat, de plantejament de noves possibilitats, que la teoria és important, alhora que intenta sintetitzar quelcom dels models anteriors en un sol cos. Malgrat que les coses més concretes es puguin posar en dubte, considero que és una sortida intel·ligent al problema de la formació, lluny d'integrismes que advoquen per exclusivitats d'uns factors per sobre d'altres.

2.1.2 Una crítica a la recerca dels orígens del “micropolit”.

Aquest fins ara pot ser el panorama general respecte a les teories de formació i gènesi de l'alteració d'ús en superfície. Crec evident que per mancances de mitjans tècnics observacionals per respondre a les ambiciosos i agosarades preguntes, el debat ha acabat sent estèril, per molt que l'objectiu primer plantejat sigui molt vàlid i no deixi de tenir la seva coherència i interès innegable. Malgrat tot, el debat ha continuat i s'ha cregut que la solució passava per observar a més augments i en les anàlisis químiques de la superfície lítica a la recerca de no se sap ben bé “què” –en principi unes diferències en la composició de la superfície en un abans i un després de l'ús (VV.AA. 1999).

La incertitud de la gènesi de les alteracions a escala microscòpica és en bona part deguda a la pròpia natura microscòpica del fenomen, que provoca una impossibilitat de l'observació directa –malgrat que val a dir que possiblement una observació directa no hagués aportat gaire, donat els termes sobre el qual s'ha dirigit el debat.

En anàlisi de traces d'ús generalment s'ha assumit que les observacions amb microscopi òptic, amb les deformacions conseqüents de la imatge vista en el diafragma, no permetien una observació pertinent per inferir l'origen de les alteracions d'ús. Aquestes deficiències s'han volgut suplir, com hem anat veient, amb el plantejament de treballs mitjançant observacions a molts augments, amb eines com el SEM, l'AFM i rugosímetres.

Amb tot i malgrat les apreciacions que he fet més endalt, crec que el problema principal és de caire epistemològic i no estrictament observacional. Voler extreure conclusions i fer inferències d'un procés dinàmic a partir de l'observació del seu efecte fenomènic, al nostres ulls de natura estàtica –falsament–, pot resultar molt problemàtic. És aquest un problema que es ben conegut en Arqueologia (GÁNDARA 1987; BINFORD 1994; BATE 1998; ESTÉVEZ, VILA 2000). Fer més petita l'escala d'observació, anar al micromón de la traça i, a partir d'allò vist, extreure conclusions a partir d'intuïcions no és metodològicament molt correcte o, en el millor dels casos, molt arriscat. Per una banda sabem que allò que veurem a una escala pot evidenciar l'efecte d'unes variables que no es fan tan paleses en una altra escala més petita, amb la qual cosa si amb SEM a x2000 trobem indicis –deixem de moment “indicis”– d'una possible deposició, no significa que a una més gran escala amb òptic x200 o fins i tot lupa binocular a x10 es faci evident una erosió del tall –com desenes d'observacions fan palès–. Per una altra banda, ja potser estiguem tips de sentir-ho, les apreciacions personals poden ser molt ambigües i subjectives, caient en el camp de l'especulació molts cops⁶⁶.

Hem vist que alguns autors han donat resultats indicatius de la formació d'una interfase en la superfície de l'instrument on apareixerien residus de la matèria treballada adherits i fusionats. Amb tot, altres autors han arribat a negar aquest extrem, aduint que aquests residus són superficials i presents arran d'una mala neteja dels instruments experimentals (JARDON 1999; OLLÉ 2002; VERGÈS 2002). Val a dir, que l'únic segur és que d'existir aquesta interfase amb residus adherits, la seva profunditat i importància no han estat encara determinades, existint nombroses valoracions contradictòries al respecte.

⁶⁶ A tall d'anècdota del que explico posaria l'exemple d'una sincera conferenciant al *Semenov Symposium* de St. Petersburg que treballava amb SEM, la qual reconeixia que els canvis que ella observava en les imatges d'evolució de l'alteració d'ús no li permetien fer inferències respecte a si havia hagut un desgast de les zones altes per abrasió o si el material de les zones altes s'havia remogut i redipositat en les valls del micro-relleu de la superfície; totes dues interpretacions li resultaven plausibles.

La crítica més gran que es pot fer al debat –i que estic segur que ara com ara reconeixerien molts d'aquells que hi van intervenir– fou que es va desenvolupar en funció del termes i dels conceptes, en lloc de fer-ho en funció d'una reflexió autènticament interioritzada sobre què representava un procés dinàmic –del tipus “treball”– en quant a efectes d'alteració de les superfícies actants. Llavors acaba desenvolupant-se una mena de debat del tipus “si Déu és Crist”, que pel seu plantejament metafísic en darrera instància no pot aportar solucions efectives. O bé el micropolític és dipòsit o bé és l'absència de la matèria original, o bé en les solucions intermitges és més una cosa que no l'altra. ¿En què rau la importància d'aquest plantejament exclouent?

El plantejament correcte hagués hagut d'estar que davant nostre tenim el resultat d'un procés d'alteració, amb unes causes que el generen evidents que es basen en la acció d'un flux d'energia interactuant en una interfase entre dues superfícies. Llavors en un procés d'aquesta mena en haguéssim hagut de plantejar quin és el medi que es crea en tal situació, la qual cosa, per definició i recurrent a coneixements previs d'altres camps –com la física de materials–, ens ha de fer pensar en dos vessants:

- 1) la entrada de factors físics i químics d'acció combinada; la qual cosa no significa que per una banda actuïn factors físics i per una altra factors químics, sinó que les seves accions conjuntes es poden combinar en forma de retroalimentacions constants i simultànies, sintetitzant-se i comportant el fenomen de l'alteració.
- 2) Les escales d'acció d'aquests factors; fet que comporta que en una escala es faci evident una mena d'acció física i/o química, mentre que en una altra l'acció física i/o química sigui diferent, o bé pugui continuar actuant la mateixa però a un altre nivell.

Una reflexió sota aquests principis bàsics, tenint-los constantment presents, hagués fet que el debat s'hagués desenvolupat d'una manera més productiva. Per començar, els límits entre allò que és física i allò que és química acaba estant dintre del camp de la idea, doncs en el món real l'acció dels factors dinàmics que el modifiquen interactuen sense fer cas d'aquesta divisió –feta més que res per qüestions acadèmiques–. En conseqüència, és fàcil comprendre que pot ser absurd defensar en un model l'absència d'una acció física en un procés dinàmic per molt que hi existeixi una acció química. Val

a dir que plantejar un model a la inversa –l’absència d’una acció química– pot semblar-nos un tant més versemblant perquè en la quotidianitat de les observacions amb microscopi òptic es fa més evident la pèrdua de matèria que no la deposició, però val a dir que això no és suficient argument per negar res respecte a la possibilitat d’una acció química, molt més “invisible” i menys evident. Malgrat que això sembla que més o menys ho entenguin la totalitat o major part d’analistes de traces d’ús, en alguns moments el subconscient idealista i els pesos de les paraules que configuren el món real en la nostra ment ens traïxen i ens condueixen a debats que són carrerons sense sortida.

En això rau, en bona mesura, sortides intel·ligents com les de models de formació combinats, on la deposició i l’abració intervenen conjuntament. Aquests models, però, solen tenir dos problemes; 1) entenen els factors físics i químics actuant simultàniament però no en interacció mútua, sinó en paral·lel, i 2) integren les dues hipòtesis en una, però més com una “solució de consens” que com una solució real al problema, doncs podria ser que existissin més factors que els plantejats en un i altre model i que se’ns han passat de llarg en haver-nos tancat en banda en la discussió formal sota dues úniques possibilitats, quan en realitat podrien haver-hi més solucions. Una sortida intel·ligent és la de Lawn i Marshall (LAWN, MARSHALL 1979), K. Knutsson (KNUTSSON 1988) i R. Sala (SALA 1993), on més enllà dels factors típics d’abració i dipòsit hi actuen altres factors versemblants, com les deformacions per pressió, completant un model global de formació prou rodó. Amb això no vull donar un suport incondicional als aspectes concrets d’aquestes teories, però sí que crec que els plantejaments teòric i semàntic –així com les reflexions ontològiques de principi– han estat més correctes.

Val a dir que el model primitiu de formació del “micropolit” per abració coixejava per totes bandes, cosa que va dur forçosament a un nivell d’insatisfacció evident que plantejava la necessitat de trobar models alternatius més satisfactoris. Per aquest model hi havia un principi paradigmàtic que s’havia de complir ineludiblement, basat en el principi de l’escala de dureses de l’escala de Mohs: una matèria tova no podia produir modificacions en una matèria més dura, amb la qual cosa la tendra carn, per exemple, no podia produir desgast en el sòlid i rígid sílice o roca qualsevulla. Era necessari, obligatori, que l’agent polidor de la roca fos de duresa major, amb la qual cosa s’havia de recórrer a plantejar que els autèntics agents polidors eren partícules sòlides inserides en la composició de la matèria treballada o accidentalment en el procés de treball. Es recorre així a parlar de la possibilitat de la intrusió de partícules de pols

flotants en la interfase –entre les superfícies de l’instrument i la matèria treballada–, pols abundant tenint en compte que molts treballs es fan a l’aire lliure o fins i tot en sòls plens de terra. També en el cas de les fustes i vegetals s’adjudicarà la categoria d’“agents abrasius” als fitòlits de sílice amorf, els quals, malgrat no ser tant resistents com la roca, prenen aquest protagonisme a manca d’un altre element sòlid al qual poder recórrer. Com veiem, aquesta recurrència obligada a l’acció de partícules més sòlides per explicar l’abració provoca un col·lapse del model. El model resulta inversemblant, amb punts febles com que si tot depèn en darrera instància de partícules més dures que la roca mare de l’instrument i no de les propietats essencials reals de la matèria treballada, l’alta variabilitat de “micropolits” que es donen en funció dels diferents tipus de matèries treballades no troba explicació. Els polits són massa diferents per poder respondre simplement a un factor, que sempre és el mateix en tots els casos, i la seva major/menor presència tampoc pot explicar diferències qualitatives en essència.

Els qui acaben plantejant les teories de deposició no volen en cap moment posar en dubte el principi de l’escala de dureses de Mohs. L’únic que fiquen en dubte és que expliqui els “micropolits” d’ús. Si aquest principi no és qüestionable i no es pot replantejar, llavors és obligatori que el model alternatiu estigui basat en plantejar un procés radicalment diferent que no el contradigui en els camps on aquest és aplicable. Així sorgeix el dipòsit.

El problema fou que l’abració es prengué tal com venia explicada des de la Geologia i no se la va voler reflexionar en essència –cosa que hagués suposat qüestionar-la; actitud agosarament excessiva per a arqueòlegs amb complex d’inferioritat enfront altres disciplines de “ciències dures”– i en què consistia exactament el seu desplegament dinàmic perquè el desgast fos el resultant.

Tanmateix, la teoria de la deposició del gel de sílice no va convèncer a molts investigadors. Per començar, el fenomen de dipòsit, vistes les evidències macroscòpiques, no pot negar l’evidència de l’abració i pèrdua de matèria en les zones actives dels instruments; en el millor dels casos s’ha de sobreposar. A part de tenir la pretensió excessiva de negar els efectes de l’abració, evidents per a molts investigadors, la seva presentació va resultar summament inversemblant per qüestions semàntiques i per una recurrència excessiva a la metafísica i l’abstracció. Una cosa és que a nivell atòmic superficial hi hagi una transferència d’energia entre la matèria treballada i l’instrument, fent-se això palès en la composició química d’una capa superficial a sobre de l’instrument. Una altra cosa molt diferent és que hi hagi una dissolució, a gran escala

–relativa dintre del microcosmos de la peça–, amb rius de gel de sílice –combinant-se sílice i aigua– que inunden la superfície de la peça i que es solidifiquen tan bon punt s’acaba el treball en una capa estable. En el primer treball de P. Anderson així es presenta (ANDERSON 1980), sense les ambigüitats que moltes vegades apareixen en d’altres que exposen la teoria de gel de sílice.

2·1·3 Allò que sí sabem i que no podem negar sobre com es forma el “micropolit”.

Dèiem que la recerca de les causes que formen el “micropolit” estava justificada sota la premissa que calia que els traceòlegs i les traceòlogues coneguéssim com es formava el fenomen que estudiàvem per poder fer inferències sobre ell. Això no deixa de ser cert, doncs coneixent el procés i els seus lligams causals amb el fenomen sempre podem extreure conclusions subsegüents millorment fonamentades. Per la meua banda, considero que es va emfasitzar massa aquesta necessitat i ben segur que es va plantejar de forma errònia, com ja apuntava anteriorment.

Evidentment i per definició, la justificació de la recerca de les causes que formen el “micropolit” comportava l’assumpció que sobre aquestes causes no en teníem ni la més pàl·lida idea. Nombrosa bibliografia existeix que critica els processos d’anàlisi de traces d’ús per aquesta raó, fins i tot algun dels crítics desdenyant la possibilitat de fer inferències d’ús com a extensió d’aquest desconeixement respecte al fenomen (per ex. MAZO 1997). No tinc tan clar que aquest sigui el cas ni que aquest escepticisme estigui justificat; podem no saber les causes eficients que provoquen el micropolit, però sí que tenim cert coneixement sobre quins són els factors concrets que determinen que la traça prengui un aspecte donat, malgrat que no sapiguem exactament el “com” actuen concretament; és a dir, l’únic que desconeixem explícitament i concreta és el mecanisme del procés dinàmic pel qual tal factor o altre afecta a la superfície de la pedra, donant-li a resultes l’aspecte que observem. Per exemple, sabem que si en el raspat de la pell afegim partícules sòlides com auxiliars per al seu tractament, l’aspecte de la traça serà diferent i tal aspecte l’associarem a tal factor, però no sabrem quina és l’acció concreta que ha provocat tal aspecte ni quina situació s’ha originat en la interfase de contacte. Evidentment, amb això hi ha un cert problema interpretatiu, donat que mai podrem afirmar amb rotunditat que tal efecte serà produït “sempre” unívocament per tal factor donat. Si sabéssim quines són les causes més concretes de tal aspecte de la traça sabríem a ciència certa quins són els processos que podrien produir traces similars. Per

altra banda, donat que ara com ara no podem saber les causes motores de la traça –per impediments tècnics que rauen en la impossibilitat d’inserir-nos com observadors en la interfase dinàmica on es forma la traça–, hem de sentir-nos momentàniament satisfets en millorar les observacions, mitjançant el desenvolupament de programes experimentals que recullin factors alteradors de la superfície natural del instrument lític que resultin plausibles. A partir d’assolir aquesta fita, podrem elaborar interpretacions que disposin d’un major nombre d’elements de contrast, fugint d’interpretacions simples i ingènues respecte a l’amplitud de l’espectre d’alteracions possibles de la superfície natural de la roca.

En la història de la Ciència podem veure moments en els quals les teories paradigmàtiques assumides fan més nosa que cap altra cosa per poder avançar en el desenvolupament de noves teories més satisfactòries, i podem dir que aquest fou el cas en l’intent de trobar un model de formació per al “micropolit”. Alguns cops les teories paradigmàtiques fan perdre la perspectiva i defugir l’evidència més clara –el fet concret que tenim davant mateix nostre– amb models explicatius complexos.

L’error principal de la teoria de l’abradió rau en la creença que l’erosió d’una superfície s’explica perquè una matèria X és més tova que una matèria Y més dura⁶⁷, quan realment la clau està en el medi que es crea entre les dues superfícies en contacte dinàmic. En aquesta interfàcie es genera un flux d’energia que activa els components d’ambdues superfícies, els quals interactuaran de forma dialèctica i provocant com a conseqüència modificacions estructurals en les pròpies superfícies. Aquests components estan vinculats a les propietats de les matèries respectives, les quals en darrera instància desemboquen en un factor de resistència de l’objecte i la seva superfície. Però aquesta resistència no la podem entendre vinculada només a la “duresa” de la matèria de l’objecte, sinó com la capacitat de suportar forces físiques i reaccions químiques que s’exerceixin sobre ella⁶⁸, capacitat que depèn fins i tot de les qualitats de l’altra matèria amb què confronta i interactua⁶⁹. Tot plegat, és una qüestió dialèctica de la naturalesa.

⁶⁷ Valga dir que en Geologia la duresa en una roca només és la capacitat de resistir a ser ratllada per una altra roca (STRAHLER 1992: 601). De fet és una qualitat menor de la roca. Abans està la rigidesa, l’estructura molecular, la composició elemental,...

⁶⁸ L’elasticitat pot ser una qualitat que faci més resistent a una matèria, mentre que la rigidesa no implica que deixi de ser fràgil. L’estructura molecular també té molt a veure en la solidesa dels materials. Sobra dir que “duresa” no és sinònim de “resistència”.

⁶⁹ Per exemple, les propietats àcides d’una matèria només es despleguen en funció que els components de l’altra matèria amb què contacta siguin reactius, no important per a res la propietat de duresa; comprovem així com la calç es desfà dramàticament quan la submergim en aigua.

Així l'erosió és l'efecte d'un xoc de resistències entre les superfícies de dos objectes que entren en contacte dinàmic, resistències que no tenen sentit fora d'aquest propi contacte. L'experiment de R. Fullagar prova que ni tan sols són necessàries l'acció de partícules minerals per provocar una alteració tipus "micropolit", doncs després de treballar amb eines lítiques sobre blocs de gel d'aigua destil·lada, aquest investigador va poder observar superfícies alterades en els talls en ús (FULLAGAR 1991: 3). Les seves conclusions són que per fer possible el desenvolupament del "micropolit" només cal aigua i una superfície dura. Per la meua banda, la interpretació dels resultats està en la resistència al flux d'energia que sofreixen les dues superfícies en contacte. El gel presenta una resistència, a l'igual que l'estri lític, i cap de les dues superfícies pot passar indemne d'aquest tràngol. Així mateix, és evident que la capacitat de resistència de l'objecte treballat ha de ser molt menor que la de l'instrument. L'instrument és el suport material d'un humà per dur a terme un treball, fent-lo majorment possible. El treball "altera" la matèria i així la fa apta pel consum i la subsistència. I per òbvies qüestions d'operativitat, la resistència de l'instrument al desgast ha de ser major que la de la matèria treballada.

La resistència de la superfície és a més quelcom buscat en la manufactura d'un instrument. La configuració de la zona activa de l'instrument pretén, entre altres coses, dotar-lo amb una estructura geomètrica que millori la seva resistència durant el treball. Igualment l'estratègia de treball –com per exemple l'angle de treball o contacte entre superfícies– intenta no forçar en excés la resistència de l'útil a la fractura. Aquestes qüestions van ser i són plantejades pels usuaris de l'instrumental lític, donades les limitacions de la matèria primera en qüestió⁷⁰.

Les matèries treballades en les èpoques que són objecte del nostre estudi no són en absolut homogènies en la seva textura. Per posar exemples, la fusta té fibres, enllaços entre les cèl·lules més resistents que el seu cos líquid bàsicament, components varis, nusos de bifurcació de branques, una disposició de les fibres que presenta diferent resistència en diferents angles,... La pell i la carn també per la disposició de les fibres presenta diverses resistències depenent de l'angle amb que s'enfronti el tall, en la carn hi ha parts amb tendrum més dures. Sobre l'os podem dir coses similars.

⁷⁰ Per exemple, la forma de treballar amb destrals de pedra no és el mateix que amb destrals d'acer. Per tallar un tronc amb una destreal de pedra és més idoni –si no volem destrossar el tall en ús o fins i tot l'instrument sencer– dur a terme multitud de talls en angle oblic sobre el tronc, intentant trobar menor resistència, evitant l'intent de talls en perpendicular per no enfrontar la major resistència del cos del tronc per la seva banda més àmplia (PÉTREQUIN 1993).

En definitiva, tenint en compte les heterogeneïtats de les resistències combinades de l'instrument i de les matèries treballades, no és inversemblant que podem trobar en la matèria treballada punts de resistència superior a certes parts del tall en ús.

Evidències vàries en els estudis de traces d'ús ens podem fer pensar que la força aplicada –quantitat d'energia desplegada per temps– té molt a veure en el desgast generat. Així es poden entendre els “micropolits” dels talls en dents de falç, que tot i enfrontant-se a una matèria extremadament fràgil són extremament desenvolupats. Ja veiem com R. Fullagar (FULLAGAR 1991) feia un exhaustiu esforç per donar explicació a aquest fenomen, recorrent a un model on les partícules sòlides –fitòlits de sílice amorf– i la deposició s'havia de fer necessària. Durant el desenvolupament de treballs de sega convencionals amb falç s'exerceixen moviments bruscos i ràpids, és a dir una alta despesa d'energia en poc temps. Evidentment, la condició de la matèria treballada té molt a veure en la configuració espessa tan típica que adopta aquesta mena de polit. Per altra banda, just en el desgast produït per treball amb cereals, quan està ben desenvolupat, és on es mostren amb més claredat efectes d'abrasió (BRIZ, PIJOAN 2003), cosa que no nega l'acció d'efectes químics en una escala més petita.

Sota una teoria de resistències de superfícies enfrontades a un contacte dinàmic, el fenomen de l'alteració d'ús es pot entendre versemblantment. Pràcticament es converteix en el descobriment del pa de pessic. Tot i així sobta com en molts treballs que versen sobre la gènesi del “micropolit” s'obviï o oblidi aquesta perspectiva.

Més d'un cop s'ha plantejat de forma molt pertinent la fenomenologia de les traces d'ús sota una perspectiva científica, on per una banda parlàvem d'unes variables independents –factors formatius– i d'unes variables dependents –les pròpies traces d'ús i els seus atributs– (per ex. GRACE 1988). De les primeres, les que habitualment s'han plantejat són en bona mesura glutinants, doncs les podríem sub-dividir en moltes altres; per exemple, “matèria treballada” és pot entendre sota la forma de resistència física, components químics –que prenen sentit però depenent de la composició de la matèria primera de l'instrument–, humitat,... De fet, ens és molt més útil entendre el factor “matèria treballada” com desglossat en totes aquelles característiques que el conformen com si fossin factors definits *per se* en connexió dialèctica.

El mateix sabem que ocorre quan parlem de la variable matèria primera de l'instrument en ús. Parlem llavors de la seva resistència al xoc físic, que alhora es pot entendre com elasticitat/rigidesa, estructura molecular, composició química,... Així mateix, tampoc no és pot obviar la microtopografia de la superfície, d'efectes

abastament coneguts en la dispersió espacial del “micropolit”. L’exfoliació de la matèria primera té molta importància en roques metamòrfiques⁷¹, però s’ha de tenir en compte que totes les roques sedimentàries tenen uns plànols de fractura diferencials.

El factor humà, malgrat que condicionat en bona part per les constriccions anteriors, és independent respecte a la traça d’ús. Però també donada la situació de control que exerceix l’ésser humà sobre la natura, podem entendre que la matèria primera de l’instrument, amb característiques conegudes per l’usuari i consumidor, és una variable dependent respecte al factor humà –almenys des del moment històric en que s’evidencien casos de selecció de roques per l’elaboració d’instrumental sota unes característiques buscades–. El factor humà es pot entendre bàsicament com l’estratègia i la cinemàtica de treball, que inclouria l’/els angle/s de treball, alhora que prèviament la localització, forma i amplitud de la part susceptible d’ús en la construcció de l’útil.

Vist que la divisió entre variable dependent i independent és summament abstracta, i com a tal imprecisa, cal explicitar quina perspectiva prenem pel plantejament del problema. Els factors formatius són variables independents en relació a que determinen la forma en què apareixeran les traces d’ús. Dins elles podríem fer una altra organització i altres divisions en “dependents” i “independents” o “modificables” i “no modificables”⁷², però per al que volem explicar en aquest text no ens resulta una divisió pertinent.

També se’n podrien afegir més, com serien la presència d’elements additius –abrasius per exemple en els treballs de raspat de pell– i l’utilització de mànecs. Aquestes són variables essencials, però que resulten d’aparició ocasional. Però el que és més important, aquestes variables arqueològiques mateixes seria més pertinent plantejar-les des de la perspectiva del seu efecte físic eficient. És a dir, hem de comprendre què implica per exemple afegir un additiu X en un procés de treball Y en la formatització de l’alteració conseqüent Z.

⁷¹ Reflexió que extrec de la meua experiència en l’anàlisi de materials lítics de Tierra del Fuego (Argentina), elaborats majorment amb roques metamòrfiques. Mostren una mena de fractura per talla o ús ben peculiar si al que estem acostumats com a europeus és a tractar amb sílex diversos, on els plànols de sedimentació condicionen enormement la fractura que obtindrem.

⁷² Veure *Los instrumentos líticos de Túnel VII: una aproximación etnoarqueológica* d’I. Celemente (CLEMENTE 1997: 25-35) i també *Metodología de análisis funcional de instrumentos tallados en sílex* de J.E. González i J.J.Ibáñez (GONZALEZ, IBÁÑEZ 1994: 15-61). Es donen dues classificacions de les variables que entren en la formació i anàlisi de les traces d’ús amb bones adequacions ontològiques, malgrat que sota dues perspectives vàlides, però diferents. En aquest meu treball s’han tingut en compte com a reflexió per a la elaboració, però val a dir que la meua pròpia difereix bastant en ser fruit d’una altra perspectiva i necessitats en relació als objectius i preguntes del projecte.

Els problemes de les anàlisis de traces d'ús, que bàsicament estan en el pas de la observació a la interpretació, comencen quan a sobre d'aquestes variables essencials – que en un inici ens resulten evidents i controlables– se solapen d'altres variables– factors– secundàries no tan controlables i que en conjunt tenen un paper significatiu en el procés de formació de la traça d'ús. Conseqüentment a no poder-les controlar eficientment, insereixen un índex de “soroll” alt en la identificació de la traça d'ús. Alguns d'aquests factors “secundaris” els hem pretès imaginar: serien la traça i experiència del treballador, la força aplicada per aquest, la velocitat de l'acció durant el moviment,... En gran mesura aquests factors no s'han considerat essencials per la dificultat d'inferir-los en els casos arqueològics o implementar-los en els casos experimentals, però això no treu que presentin una influència en el procés de formació, entrant en dialèctica amb les variables essencials.

Entre les variables independents no he esmentat el factor “temps”. No s'ha tractat en absolut de cap mena d'oblit, sinó que des d'una perspectiva correcta la variable “temps” s'ha de reconèixer de natura ben diferent. “Temps” és la dimensió espacial on es desplega l'acció de les variables independents esmentades. Malgrat que l'acumulació de “temps d'ús” en un instrument comporta un evident desgast diferencial, no es pot ficar a la mateixa alçada de variable del que ho està per exemple el micro-relleu de la superfície. Evidentment, a efectes pràctics el temps d'ús determinarà l'adscripció quantitativa –amb els aparents salts qualitius per acumulació quantitativa, de caràcter ideal– dels atributs de les traces d'ús, donat que l'acció de les variables independents s'ha anat sumant, però també cal afegir que no d'una forma lineal.

Hem d'entendre l'especificitat del factor “temps” per entendre correctament el problema de la fenomenologia de les traces d'ús. Introduir-lo a la mateixa alçada de variable independent causarà un evident col·lapse de coneixement, com ja s'ha donat per part d'analistes de traces d'ús (GRACE 1988). El “temps” d'ús no és variable definitòria de l'ús. La confusió està en què evidentment les definicions de processos i objectes són més clares quan aquests estan més avançats en el seu desenvolupament temporal, amb la qual cosa crec que aquest desenvolupament és factor determinant i definitori. En altres paraules, considerar el “temps” com variable definitòria és com dir que la pròpia existència de l'objecte és una variable del fenomen en el qual intervé.

Cal afegir que el desenvolupament de sistemes complexos –multifactorials i dialèctics– comporta la no-linealitat de l'acció de les variables en la dimensió temporal i la seva complementarietat. Això està relacionat amb la forma en què actuaran les

variables independents. Com veiem, aquestes són múltiples i la seva forma d'actuar en el procés de formació és combinada i ben complexa, amb retroalimentacions múltiples a diferent escala. Per exemple, en l'aparició dels escantells influeixen la resistència i exfoliació de la matèria primera –en quan determinen la conducta de fractura durant el treball–, la forma i longitud del tall –en quan determinen part dels eixos d'aplicació de la força–, l'angle de treball –en quan també determina els eixos d'aplicació de la força–, l'angle del tall –en quan és un dels elements que determina la resistència del tall enfront de la força aplicada– i, com no, la matèria treballada –en quan les seves característiques també determinaran la possibilitat d'una agressió major o menor sobre el tall en ús.

Aquesta complexitat multifactorial es dona en l'aparició de tot i cadascun dels atributs de les traces d'ús, malgrat sigui d'una forma o altra, sent uns o altres els factors i sota diferents formes. A mesura que s'acumuli més temps de treball l'acció de les diferents variables es modificarà. Evidentment, a causa de les fractures produïdes pels propis escantells, l'angle del tall no es manté constant –normalment fent-se menys agut– i així l'acció d'aquesta variable es modificarà en haver un canvi quantitatiu en la seva aparició en escena. Respecte a l'angle de treball paga la pena apuntar que, com és de suposar, en un treball real és impossible que es mantingui constant sota un mateix valor durant tot el procés; més aviat podem afirmar que la variança que presentarà pot arribar a ser constant, malgrat que això són figures d'un altre paner. Les cinemàtiques transversals, per exemple, són molt menys regulars que les longitudinals de tall-serrat, aquestes darreres més guiades per l'eix que forma el propi tall en ús.

Ens és impossible, a part d'inútil, assignar el paper “causal” que té cadascuna de les variables en el procés de formació de les traces d'ús⁷³. I quan dic impossible no em refereixo a un imperatiu tècnic. Es tracta més aviat del fet que el problema està en què aquestes variables actuen de forma integrada. Tenim un autèntic problema ontològic al nostre davant. Podem resumir el procés com el desplegament d'una força entre les superfícies de dos objectes que comporta una agressió mútua, amb l'efecte conseqüent de la modificació de totes dues superfícies. Aquesta força és la integral de varis factors que es presenten de forma conjunta en la dimensió espai-temps, l'efecte dels quals no podem aïllar en el procés –a part de com dèiem els factors van variant la seva expressió

⁷³ Davant la confusió que presenta aquest desenvolupament de variables combinat, podríem arribar a plantejar la possible existència de “variables latents”, de les quals desconeixem absolutament la seva existència i llavors òbviament el seu paper en el procés global. Aquestes variables latents es podrien perfectament ocultar entre el batibull del procés presentat, passant totalment desapercebudes a l'ull de l'investigador. Però això ara és una hipòtesi d'estèril plantejament, més tenint en compte que amb l'esquema actual de variables conegudes, l'índex de control i de determinació no és pas baix.

quantitativa a mesura que avança el procés—. Llavors, molts experiments són problemàtics de dur a terme per la dificultat d'aïllament dels factors significatius.

Un procés dinàmic implica ben segur un intercanvi de matèria —entre els dos cossos que interactuen en la interfase i a través d'ella— a una escala d'observació variant depenent dels casos i els factors, cosa que no implica assumir la teoria del gel de sílice i de la deposició de el sílice amorf, que tal com és descrita es faria evident fins a una escala macro. Així mateix, a resultes dels experiments acumulats, confirmem que en processos dinàmics com els que ens ocupen es dona una pèrdua i dispersió de matèria en els dos cossos interactuants per despreniment; en el cas de l'element lític o bé per escantellat a macro i micro-escala, o bé per abrasió a escala micro a diverses escales que possiblement van fins a l'atòmica-molecular. L'intercanvi de matèria implica òbviament intercanvi i flux d'energia. També poden donar-se deformacions —canvis en la disposició relativa dels elements que conformen l'objecte— de les superfícies degut a les pressions exercides per l'energia desplegada en el treball, les quals han de ser majorment o menor en funció de la plasticitat i elasticitat de les matèries que interactuen. Des d'aquesta perspectiva val a dir que tots els models que s'han plantejat per explicar la formació i gènesi del “micropolit” són plausibles, fins i tot de forma simultània, sense contradir-se en l'acció les dinàmiques de canvi que plantegen.

És un procés que es dona en múltiples escales i sobre el qual el pes de l'aleatorietat acumulada és altíssim. A part de la situació de dificultat de control que implica l'acció integral a l'hora de fer el càlcul, val a dir que apareixen certs graus de variabilitat estocàstica que provoquen la impossibilitat d'obtenir resultats que ens mostrin unes traces d'ús categoritzades de forma estrictament lineal. El micro-relleu de la superfície de la matèria primera seria un d'aquests factors de variabilitat no lineal. Pel que fa a l'aparició del micropolit i de les estries, el micro-relleu de la superfície de la matèria primera evidentment depèn d'uns altres factors físics i químics lligats a la seva formació geològica i els patrons de fractura, els quals ara no ve al cas explicar al detall.

Però també d'altres factors d'alta variabilitat serien la forma del tall utilitzat, mai recurrent simplement observant a un nivell macroscòpic. Aquesta variabilitat es fa major a mesura que anem portant l'observació a un nivell més microscòpic. Aquesta preocupació, que pot resultar exagerada per qualsevol deductivista, està totalment justificada quan la font d'informació que nosaltres tenim per extreure les nostres conclusions és aquest mateix món microscòpic.

Malgrat tot, la forma macroscòpica del tall ens pot permetre arribar a fer una sèrie de generalitzacions del seu paper com a factor variable del procés de formació. No podem dir el mateix respecte a la microtopografia de la superfície natural de la roca. Hi ha una acció mínima del micro-relleu que es fàcilment aprehensible, com per exemple la interacció amb superfícies +/- rígides (Figura 2-1). Això no treu que la dispersió global de l'alteració de superfície que es desenvolupa com a resultat de la conformació del micropolit tingui una alta variabilitat, la qual dificulta la localització de patrons geomètrics recurrents en les formes. S'ha de fer molta abstracció per trobar què és allò que a grans trets permet adscriure sota la mateixa identitat –matèria treballada original– diversos “micropolits”.

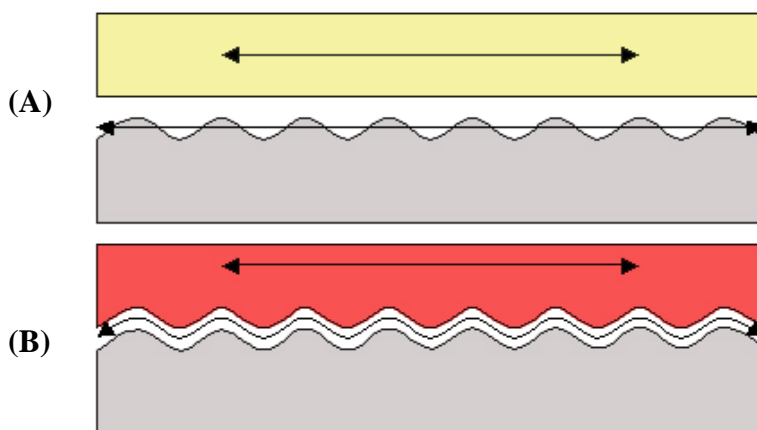


Figura 2-1 – En aquests esquemes les parts grises representen l'instrument i la superfície ondulada superior el microrelleu de la seva superfície natural. A (A) la part groga representa una matèria treballada rígida i resistent –tipus “os”– i a (B) la part vermella representa una matèria treballada flexible i adaptable a la pressió –tipus “carn”–. Tant a (A) com a (B) la fletxa superior representa la direcció de la força de treball i la inferior el flux de forces en la interfase. A (A) les parts altes de la microtopografia de la matèria lítica que forma l'instrument es veuen fortament agredides, així doncs erosionades, a resultes del flux de forces en la interfase; seran aquestes parts altes de la microtopografia les primeres en ser allisades i mostrar formació de “micropolit”. En canvi, a (B) una matèria més flexible que s'adapta a les irregularitats de la superfície lítica penetra a les seves valls, alhora de no deixar de fregar les seves cimes; l'erosió resultant no serà tant diferent entre les parts més altes i les més baixes del microrelleu i a resultes el polit serà de més lenta formació per la menor agresivitat de la matèria treballada, però més homogeniament repartit en la seva distribució en extensió.

Com veiem en la figura anterior, les parts més altes de la microtopografia de la superfície tenen un contacte molt més intens que les inferiors, aquestes darreres fins i tot gairebé nul en els primers estadis de desenvolupament en el cas del treball amb matèries dures. El factor microtopografia –o micro-relleu– entra en dialèctica amb el factor “matèria treballada”, no actuant mai per si sols evidentment –tant evident com que per a un contacte es necessitin dos elements.

La variabilitat de la microtopografia és inaprehensible, així com també depenent de factors aliens a nosaltres com són els relacionats amb la seva formació geològica.

Aquests factors naturals actuen d'una forma aleatòria a un nivell micro i òbviament el resultat fenomènic material tindrà el mateix índex d'aleatorietat. Podem trobar sílex amb superfícies microscòpiques més o menys rugoses, però mai llises.

La microtopografia de la superfície original tindrà un paper cabdal en la dispersió del micropolit –“trama” segons els analistes– i en un primer estadi de desenvolupament també en la mateixa microtopografia del micropolit. A mesura que transcorre el procés –el temps d'ús de l'útil– aquesta microtopografia es va modificant i al final acaba sent la mateixa que la microtopografia del micropolit, que en una superfície homogènia micropolida acaba assumint aquest paper de variable activa.

Evidentment, els escantells també són elements que modifiquen la superfície del micropolit, en representar extraccions de matèria primera que causaran grans depressions i arestes. Així, podem veure com dues variables dependents acaben assumint el paper de variables actives dintre el procés de la seva pròpia formació. Veiem a quin nivell de complexitat dialèctica arriba la fenomenologia, relacionada òbviament amb un procés de la mateixa complexitat. Podríem ficar molts més exemples, però ara això sols faria que complicar i allargar estèrilment la presentació del present text.

Evidentment no és gens agosarat pressuposar un cert índex d'error –alt fins i tot– en l'assignació del potencial d'acció que assignem a cadascun dels factors *a priori*. De fet és absurd assignar un potencial d'acció unívoc quan l'acció real que tenen és combinada i es retroalimenta amb d'altres factors. Podem afirmar però que més que indeterminisme, allò que veritablement tenim és “hipercomplexitat”. Malgrat tot, a efectes pràctics i per òbvies raons tècniques, el nivell de determinació que podem assolir difícilment serà el 100%.

El que ens ha de quedar clar és la immensa variabilitat d'uns factors formatius i la complexitat amb què es combinen, fet que implicarà la complexitat en el seu reflex fenomènic material –les traces d'ús– i al qual se li suma l'expressió estocàstica d'alguns dels factors i l'addició de factors condicionants que creen una variabilitat espúrea. Allò que per altra banda sí sabem amb seguretat és que també hi ha unes semblances i patrons recurrents entre els atributs de les traces d'ús d'un instrument que ha treballat un material X d'una forma X' i les d'un altre que també ha treballat el material X d'una forma X' , així com òbviament unes diferències amb aquell objecte que ha treballat un material Y d'una forma Y' . El cas és com podem arribar a ponderar tot allò que veiem de diferent/similar per poder dur a terme la determinació d'ús d'un útil, sabent que

aparentment –i no tant aparentment– les diferències són moltes. El problema ontològic es transforma en gnoseològic.

El processos dinàmics que en la natura són hipercomplexos tendeixen a produir fenomenologies isotròpiques; és a dir, que tenen una distribució aleatòria, que no treu que sigui aparentment homogènia en la seva distribució, sempre que ens fixem en una escala general. Aquest és el cas del micropolit. Tanmateix, que la seva distribució sigui a l'atzar no significa que no existeixi una causalitat determinista que el generi. La implicació d'aleatorietat només ens afecta en darrera instància en el caràcter descriptiu. Tampoc ha de comportar la manca de patrons en la representació, però sí de patrons lineals únics depenent quina sigui l'escala d'anàlisi. De fet els processos naturals hipercomplexos generen formes extremament regulars en la majoria de casos.

Tractant fenòmens hipercomplexes, discriminar allò significatiu –és a dir, allò que ens ajuda a categoritzar els objectes presents a la Realitat– d'allò accessori és una tasca complicada. Els mecanismes biològics humans de visió permeten dur a terme aquesta tasca de forma molt eficient; el problema és que alhora aquests mecanismes són molt poc únics en el seu funcionament.

Veurem que aquest problema pren molt relleu quan tractem amb imatges digitals, on dintre d'una imatge a part de la informació pertinent hi tindrem tota una sèrie de “soroll” (veure definició a subcapítol 3·2·2·4) inserit. Val a dir que a part del “soroll” creat per la hipercomplexitat del fenomen, n'hi ha un altre de natura ben diferent que és generat en els processos de captació de les imatges.

Tot plegat no ens ha de desanimar, ans al contrari. És absurd voler fer inferències completes –a la fi metafísiques– sobre quines són les variables concretes que formen tal o altra traça o tal o altre atribut del micropolit, quan els mecanismes d'observació que tenim per a tal tasca no ens ho permeten. Podem recórrer al mètode experimental per veure com actuen els factors formatius amb un cert grau d'aïllament, podem veure el seu resultat en forma de traça, però és il·lògic voler entendre –i menys amb la forma i mecanismes com ho hem fet fins ara– quina és la causa concreta de la gènesi.

Per una altra banda, els fenòmens hipercomplexes, per definició i com ja he esmentat més endalt, integren multitud de factors que actuen a diferents escales. Gairebé sempre podrem trobar nous factors que intervenen en el procés de formació; altra cosa és que aprehendre'ls aportin un coneixement significatiu per comprendre que és realment el micropolit i que aquest coneixement ens ajudi a millorment interpretar-lo i distingir-

lo. Més aviat allò que s'ha d'intentar és circumscriure el camp de recerca sota el mínim possible de factors per obtenir descripcions explicatives completes. En definitiva, el problema real que tenim al nostre davant acaba sent gnoseològic.

La perspectiva més ontològica del problema aniria més a l'arrel d'allò que realment és l'alteració d'ús. Per començar, allò que veiem com alteració d'ús en superfície no és un "micropolit de fusta" o un "micropolit de pell" o un "micropolit d'os". En conseqüència no podem cercar "l'os", "la fusta", "la pell" en el micropolit, sinó cal entendre aquestes "matèries treballades" –concepte arqueològic– com objectes on s'aglutinen sintèticament una sèrie de condicions físico-químiques. Aquestes, posades en acció mitjançant el procés de treball i en contacte amb la superfície i matèria de l'instrument lític, es comportaran d'una forma donada. Com a conseqüència, les superfícies interactuants dels dos objectes s'alteraran, es transformaran; però val a dir que en aquest canvi l'energia fluïnt en el temps és l'actor principal. Les característiques de les superfícies i matèries dels objectes no prenen cap sentit fora de l'acció dinàmica. Moltes vegades es parla de característiques i propietats de la "matèria treballada" que determinen la formatització del "micropolit", quan seria més correcte parlar de les condicions generades en la interfase de contacte amb l'instrument, les quals es relacionen parcialment amb la matèria treballada i que alteren la superfície de l'instrument. Fora del dinamisme de l'acció la matèria treballada no pot determinar res per definició.

Des d'una perspectiva inicial paga la pena apuntar que les característiques de la matèria treballada impliquen evidentment una resistència durant el contacte dinàmic, és a dir una major o menor capacitat de resistir l'investida d'una matèria lítica que generalment és més –no invulnerable però– o igualment resistent. El fet que la roca no és invulnerable ve evidenciat pel fet que s'han constatat a nivell experimental les pròpies traces d'ús. Molt ha sorprès que fins i tot una matèria tan tova com la carn produís un canvi de l'estat primari de la superfície de la matèria primera de l'instrument, evidenciant-se una pèrdua de matèria a escala ocular simple i sense fer-se imprescindible l'ajut de reforços de visió de cap mena.

Des d'aquesta perspectiva del fenomen es fa més entenedor el problema de l'"encavalcament" de les "aparences" dels micropolits, "denunciat" per diversos autors (per ex. GRACE 1989; LEVI-SALA 1993, 1996; MAZO 1997). Si les matèries treballades estan definides per una sèrie de propietats essencials i aquestes no són exclusives, sinó que ben al contrari poden compartir-se, malgrat que sigui amb una

expressió quantitativa diferencial, llavors pot ocórrer –i tot apunta a què fins a cert punt és així– que valors similars i propers d’aquestes propietats provoquin que la seva conducta en un procés dinàmic de fricció sigui similar, donant a resultes fenòmens –és a dir “micropolits”– similars. Això comporta afirmar més concretament que allò que estem observant són els resultats de l’acció d’una sèrie de variables intrínseques a la matèria treballada –humitat, duresa, textura,...– i que alhora veiem poden interactuar entre elles –com per exemple la humitat pot condicionar la duresa i la textura de la matèria, malgrat que per si sola la presència d’aigua té un valor dintre d’un model abrasiu com a catalitzador del procés d’erosió.

2.1.4 El terme “alteració” com a concepte.

Vist fins a on posseïm coneixement real sobre el procés de gènesi i formació del “micropolit”, ens podem replantejar fins i tot la validesa d’aquest terme com a descriptor correcte de l’alteració d’ús de la superfície. Aquells que van desenvolupar els models del dipòsit de sílice amorf, o bé no van adonar-se de les implicacions que comportava la paraula “polit” o “wear” –qüestió de la qual sí se’n va adonar hàbilment S. Yamada (YAMADA 1993)–, o bé van considerar secundària la readaptació conceptual que havia de comportar el model, o bé no van acumular el suficient valor per afrontar-la –per la provisionalitat del model o per la “quadratura” dels companys acadèmics, vagarosos a reestructurar el seu cervell amb nous conceptes–. El cas és que si creiem que el “micropolit” és un “dipòsit” no podem continuar utilitzant el mateix terme per definir el fenomen. Sense lloc a l’equivoc, un “polit” refereix a un fenomen resultat de la regularització d’una superfície per desgast i pèrdua de matèria; almenys si ens atenem al que diu la teoria tribològica i la física de materials.

En el cas que tinguem com a bona la hipòtesi de l’abrasió, entrem en una contradicció conceptual en quan en la terminologia usual diferenciem entre “estries” i “micropolit”, donat que la natura dels dos dins aquest model rau en la mateixa causa i allò únic que els diferencia és el fet que en el segon fenomen hi ha una acumulació quantitativa que canvia l’aspecte, fent-lo més aglomerat i extensiu.

Respecte al problema de la formació i gènesi del “micropolit” allò que sí que tenim clar és el fet d’un canvi d’estats, entre una superfície primitiva a una de nova arran d’haver sofert l’aplicació d’una energia al seu damunt. Això que pot ser una explicació molt pobra hem vist en el punt anterior que ens pot aclarir molts aspectes. En

el processos on es despleguen altes dosis d'energia sol donar-se un alt nivell d'entropia. Aquesta entropia es reflecteix en el fenomen que es materialitza consegüentment, que en el nostre cas és el “micropolit”. L'entropia no es fa palesa de la mateixa forma a totes les escales d'anàlisi, havent diverses dimensions de desordre/ordre, en certa forma difícilment comparables.

Des dels conceptes de canvi d'estats, energia i entropia podem projectar el d'“alteració”. Com indica l'arrel llatina de la paraula, *alter*-ació seria el resultat d'un procés de transformació, de canvi, d'un estat a un altre estat dintre d'un mateix cos (BARCELÓ et al. 2000). Una “traça d'ús” és, partint d'aquesta perspectiva, una alteració de l'estat primari de la matèria primera que es fa palès en les observacions visuals.

Aquesta alteració pot evidenciar-se com: 1) aixecaments de matèria primera per fractura, corresponent-se “més o menys” als anomenats “escantells”, però tinguts en compte a diverses escales d'observació i no únicament macro; 2) canvis formals de la superfície de la matèria primera, observables a microescala i deguts a factors diversos d'acció conjunta, corresponent-se “més o menys” a l'anomenat “micropolit” i les “estries”⁷⁴.

Tal com s'ha anat plantejant el debat de la gènesi i formació de l'alteració d'ús de superfície no s'ha aportat un coneixement imprescindible i significatiu per a la seva comprensió cara a facilitar la determinació de l'ús dels instruments arqueològics. El problema gnoseològic del trànsit de l'observació a la interpretació s'ha mantingut pràcticament en el mateix rang d'incertitud. La solució d'aquest problema no passa únicament pel coneixement del procés de formació de l'alteració de les superfícies lítiques dels instruments, sinó que bàsicament i principal per la millora dels processos observacionals per determinar l'ús –fent-los més acurats i vàlids–. En altres paraules, saber com es forma l'alteració d'ús de superfície ens soluciona poca cosa a l'hora de descriure les característiques diferencials que la defineixen. Saber com creix un arbre no ens ajuda a saber-los classificar en taxons un cop crescuts.

L'alteració d'ús és un canvi de forma que com a tal es fa palès en la percepció de l'instrument. Treballant amb microscopi òptic de llum reflectida allò que anomenem

⁷⁴ En certa forma, “micropolit” i “estries” com a desprendiment de matèria que impliquen, palès en forma de desgast, poden ser considerats com a “fractures” microscòpiques del pla de la superfície per pressió. El model de fractures per als vidres de B.R. Lawn i D.B. Marshall pot suggerir quelcom de similar (LAWN, MARSHALL 1979). En la teoria de l'abrassió el “micropolit” només seria la versió glutinant de l'“estria”.

“micropolit” és una alteració de la superfície que s’evidencia en canvis de la reflexió de la llum que hi incideix a sobre. Sabem que aquest canvi de la superfície és degut a un canvi del seu micro-relleu en funció de l’ús, però aquesta informació a efectes pràctics implica ben poc a l’hora de dur a terme una determinació d’ús a partir dels caràcters visuals. El fet real és que al nostre davant tenim un objecte amb unes “aparences” diferents en dos moments temporals concrets –un posterior a l’altre–, diferències les quals sabem que estan en relació al desenvolupament d’un procés dinàmic.

Respecte a les alteracions d’ús de superfície, més enllà de la seva gènesi, allò que en volem extreure és una informació per a fer diagnòs d’ús dels instruments arqueològics, no l’essència d’un procés físico-químic. Llavors, el problema major és el de trobar descriptors aptes i discriminants per al que ja coneixem –que és una alteració deguda a unes causes.

La nomenclatura que s’ha desenvolupat per a la denominació de les alteracions d’ús és a part de reduccionista –tres fenòmens: “micropolit”, “estries” i “escantells” que es provoquen per causes independents i particulars per a cada cas, lluny d’un procés global– és extremadament sílex-centrista, és a dir plantejada i pensada des dels estudis sobre instruments en sílex.

Una aportació imprescindible a la nostra disciplina és la dels estudis dedicats a analitzar traces d’ús sobre matèries primeres lítiques poc usuals, més enllà dels sílex i fins i tot de les roques silícies; sobre quarzites (per ex. BROADBENT, KNUTSSON 1975; KNUTSSON et al. 1988), obsidians (per ex. HURCOMBE 1992, TOSELLI 2004), basalts (per ex. RICHARDS 1988; RODRIGUEZ 1993, TOSELLI et al. 2002), roques metamòrfiques (per ex. MANSUR 1983; CLEMENTE 1995a, 1997),.... És molt corrent que siguin autors especialitzats, molts cops per l’imperatiu d’haver de tractar amb la matèria primera més usual en els jaciments de la zona geogràfica on ells treballen. Potser per aquest caràcter particular que a la fi representen aquests treballs, no han tingut la difusió àmplia que hagués estat convenient, sobretot a nivell d’aportacions teòriques, epistemològiques i de concepció general de les traces d’ús. La causa d’això es podria deure a un sílex-centrisme, possiblement d’arrels ben europees en ser la matèria més recurrent al Vell Continent.

Més enllà de la geopolítica de la investigació, val a dir que la major part de conceptes referents a les traces d’ús estan elaborats en funció de les rastres que queden a sobre d’una superfície de sílex, ja que aquesta matèria primera fou des de la que es van plantejar els primers estudis de traces d’ús (SEMENOV 1981; T.O. 1957). Per exemple,

el famós terme “micropolit”, tal com ha estat definit convencionalment, és una traça que es dóna quasi amb exclusivitat en el sílex. Per exemple, en obsidianses la major part d’alteració d’ús evident es defineix com una superfície molt més irregular que la natural i molt menys brillant, fruit d’un procés de formació de microfractures de la superfície cristal·lina que destrueixen la superfície natural molt més llisa (LAWN, MARSHALL 1979). Quan observem alteracions de la superfície per l’ús en altres matèries primeres que no són sílex, notem l’alt nivell de restricció interpretativa que patim al forçar-nos a observar-les i comprendre-les sota els conceptes estrictes de “micropolit” i “estria”. Enfront d’aquesta situació, s’ha tendit a construir nous conceptes interpretatius de les traces d’ús per a cada matèria primera particular en concret, mantenint en la mesura del possible els conceptes previs. Així per exemple podem veure que en diversos estudis sobre obsidianses o quarsites es parla de “micropolit” i per altra banda d’“abradió”, de “corrosió”, diferències fetes a mode intuïtiu d’un fenomen que a ciència certa no sabem a què respon.

Hom pot considerar que el concepte “alteració d’ús” que prefereixo emprar és massa genèric i que no descriu cap de les causes generadores d’aquesta, les quals hom és lliure d’assumir d’una forma o altra. Però el fet indefugible és que ara com ara els conceptes emprats de “micropolit”, “estria”, “abradió”, “corrosió”, etc. són de caràcter intuïtiu, responent més a la impressió de l’observador traceòleg sobre “a què es pot deure” que no a la vesant òptica contrastada de la traça d’ús. El terme “micropolit” és de caràcter intuïtiu i apriorístic respecte a la fenomenologia implícita en el terme – condicionat pels sentits i experiències anteriors quotidianes–; efectivament l’aspecte brillant i més llis de les superfícies alterades del sílex amb microscopi òptic tenen aquest aspecte de “polit” –oblidant però el paper que té en això la incidència de la llum reflectida que exagera aquesta aparença i en bona part la provoca⁷⁵–. Tots aquells que hagin observat en obsidianses alteracions de la superfície per l’ús difícilment les definirien com a “micropolit”⁷⁶.

⁷⁵ Per si algú no sap a què em refereixo, el remeto a les apreciacions que en el seu dia va fer S. Yamada sobre la observació amb microscopi òptic de llum reflectida (YAMADA 1993: 436-440) i hi reflexioni.

⁷⁶ No vull dir que en les obsidianses no s’observen superfícies aparentment polides, però sí que són les menys en relació a aquelles que presenten un aspecte menys brillant i irregular que la superfície natural. Per altra banda, entra en el camp de l’especulació que hagués succeït si les obsidianses haguessin estat les matèries primeres dels primers instruments estudiats per S.A. Semenov; tanmateix, sóc agosarat en creure que molt possiblement ara tindriem una nomenclatura diferent per descriure les traces d’ús. I no vull parlar del supòsit que la matèria primera hagués estat alguna mena de quarsita.

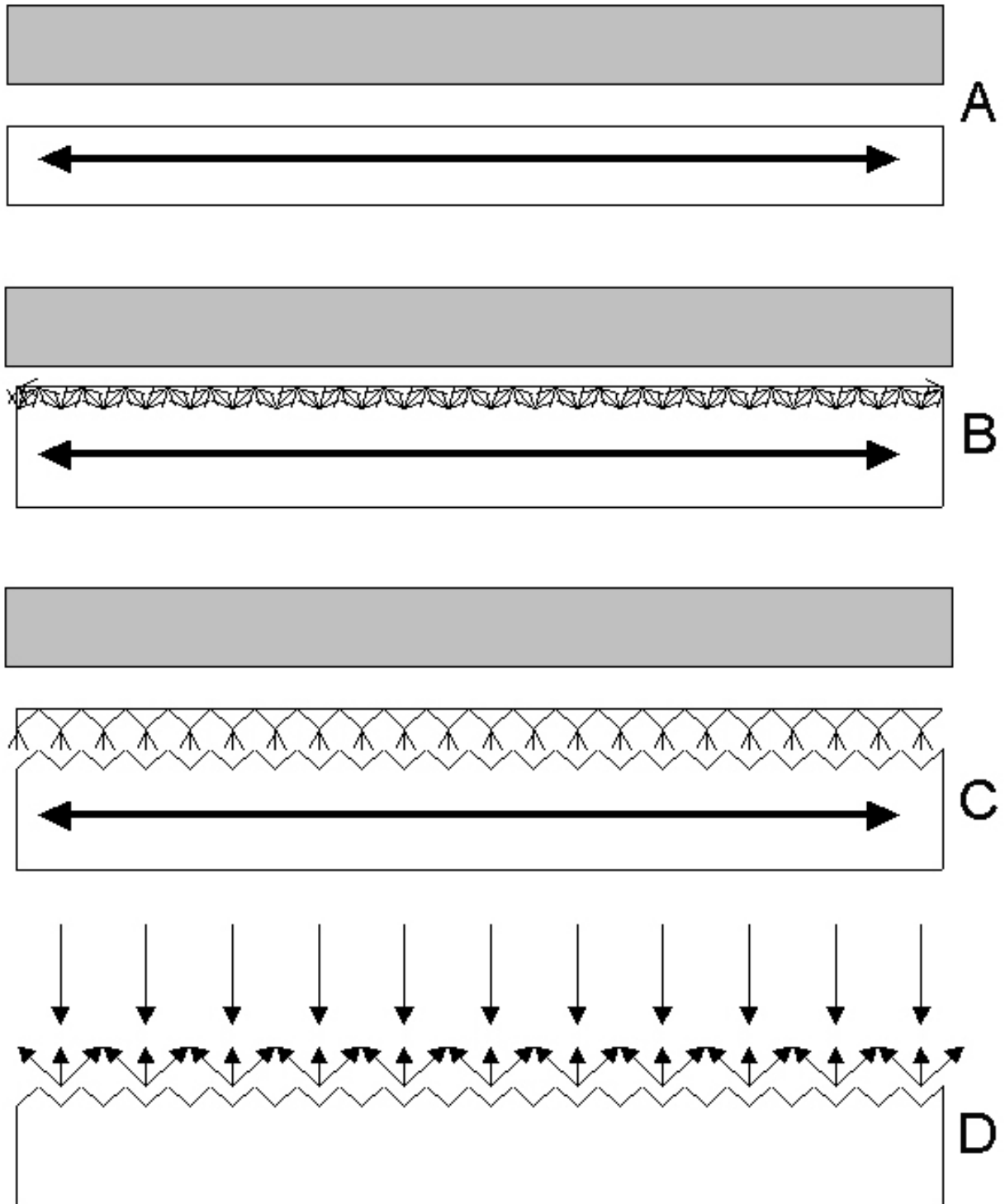


Figura 2·2 – Les propietats plàstiques de la superfície de l'obsidiana (o qualsevol tipus de cristall) són ben particulars i diferenciades de les del sílex, fet que comporta una formació de l'alteració d'ús de superfície en consonància. A (A) podem observar en gris la matèria treballada i en blanc l'instrument lític; la fletxa bidireccional representa el moviment del treball. A (B) podem observar de forma esquemàtica el eixos de pressió sobre la superfície lítica arran del treball, eixos els quals provoquen un estrès que comportarà (C) la fractura de la superfície en un aglutinament de punts. La superfície passa d'una totalment llisa a (A), a una de rugosa a (C). Posteriorment, quan observem aquesta darrera resultant amb microscopi òptic de llum reflectida, (D) la llum incident (fletxes verticals apuntant sobre la superfície) xocarà en angles diversos i un cop hi reflecteixi gran part es desviarà (fletxes que apunten vers a dalt) lateralment fora del camp visual de la lent del microscopi; és això el que donarà l'aspecte fosc i rugós dels primers estadis de l'alteració d'ús en superfícies sobre obsidianses i cristalls diversos.

Cal afegir que, a partir de la meua experiència personal en l'observació d'instruments en aquesta matèria primera, allò que en obsidiana són “micropolit”, “estries” i “abrasions” són més aviat expressions diferencialment quantitatives d'un mateix fenomen d'alteració degut a les mateixes causes (figures 2·2 i 2·3). Tanmateix, mantenim diversos termes per aparences diferents.

Sense sortir del camp de les observacions sobre el sílex, la mateixa distinció entre “micropolit” i “estries” esdevé generalment artificiosa. El terme “estria” se sol reduir a aquelles fenomenologies on domina una estructuració lineal i que apareixen isolades respecte el “micropolit”; molt a sovint, generalment, quan l’“estria” apareix “a sobre” del “micropolit” o bé no és considerada com a tal –passant a formar part del mateix “micropolit”– o bé se li ha de donar una denominació diferent, amb orígens causals diferents respecte a la seva formació d'aquelles que apareixien isolades. L'absurd conceptual és llavors evident.

En la mateixa línia, és força evident que la diferenciació entre “arrodoniment” i “micropolit” és artificiosa. Si es parteix d'un model abrasiu la dicotomia conceptual és encara més absurda, donat que totes dues aparences respondrien a la mateixa causa eficient. D'una forma o altra, la diferenciació de conceptes es basa en una categorització formal de caràcter molt idealista; l’“arrodoniment” és el desgast del tall i entès com la seva pèrdua d'agudeses –lligat per evidència amb la pèrdua de matèria generalment– i el “micropolit” és la modificació de la superfície. En les diferents teories tots dos fenòmens apareixen a sovint dissociats i responent a causes diferents. Hom oblida que l’“arrodoniment” mai es troba aïllat del “micropolit”, malgrat que aquest segon també pot aparèixer en una situació més perifèrica respecte al tall on es localitza l’“arrodoniment”. L’“arrodoniment” no és una traça en si, sinó que és l'estructuració –o “forma” si es prefereix– que adopta el “micropolit” en el punt de convergència de les superfícies que integren la zona en ús.

Pel que fa al concepte d’“escantells” ens trobem que hi ha una manca d'adequació de la mateixa mena. Aquesta restricció es basa en què moltes de les classificacions que apareixen en la bibliografia a partir de formes i angles de fractura són només aptes per descriure les fractures consumades en sílex de gra fi o materials de fractura molt nítida. El perfilament tan definit que podem observar en els escantells de matèries primeres de gra fi –resultat d'allò que podem qualificar en paraules grolleres com a “fractures netes”– no el podem trobar en altres matèries silícies de gra gros –per exemple quarsites i quarsos, els quals posseeixen unes qualitats de fracturació que es

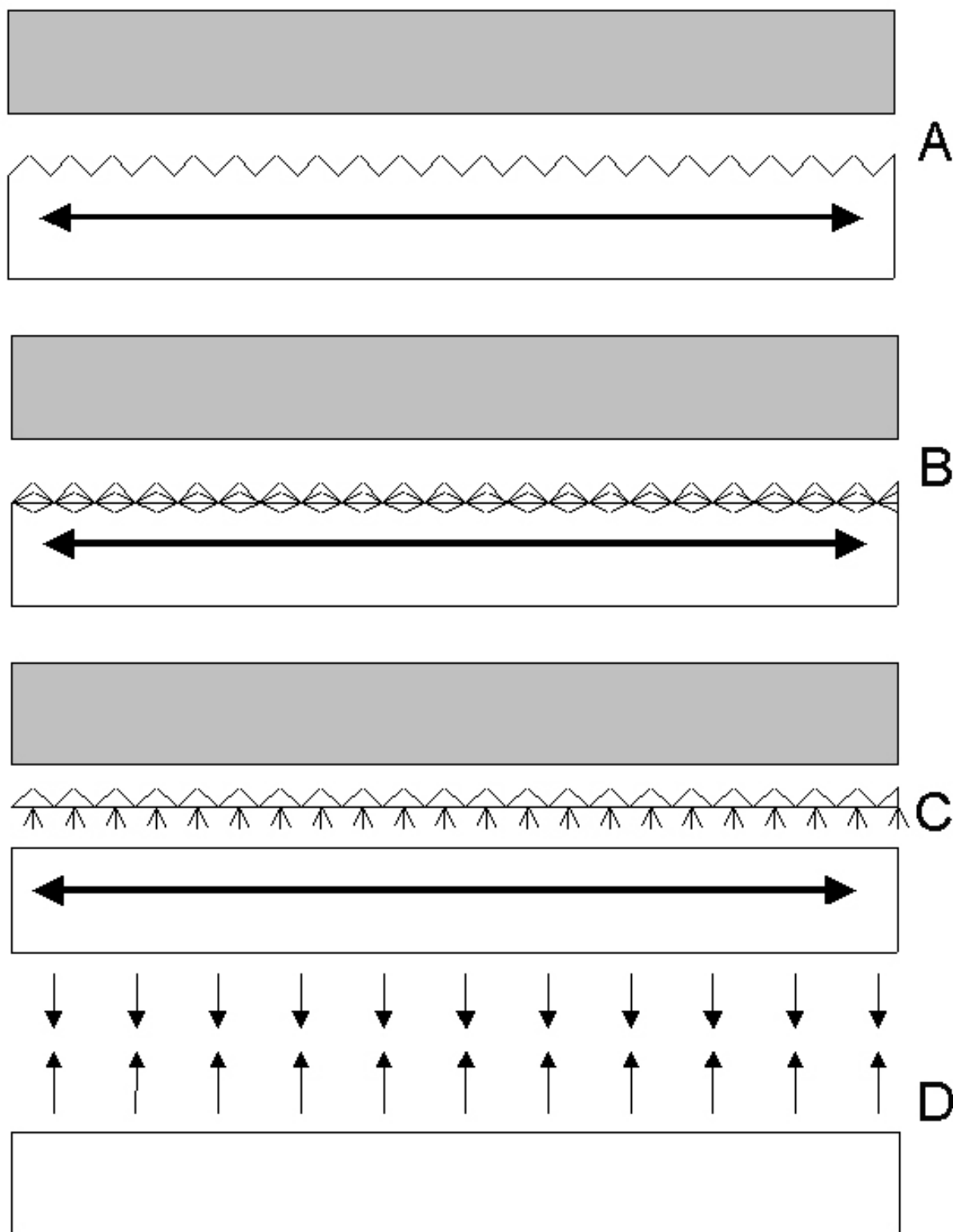


Figura 2-3 – La formació de superfícies alterades llises en obsidians i cristalls, equiparables al “micropolit” sobre el sílex, correspon a un estadi de desenvolupament avançat. A (A), partim del (C) a la figura 2-2, és a dir una alteració de superfície d’aspecte rugós. A (B) de forma esquemàtica es marquen el eixos de pressió sobre la superfície lítica arran del treball, ara incidint de tal forma que (C) sollevaren per fractura o erosió les parts més altes del micro-relleu la fractura de la superfície. Com a resultat quedarà una superfície a grans trets llisa, sobre la qual (D) en ser observada en microscopi de llum reflectida, la llum incident (fletxes verticals apuntant sobre la superfície lítica) xocarà en angle recte i un cop hi reflecteixi (fletxes que apunten vers endalt) majorment ho farà en angle recte.

defineixen amb uns perfils irregulars—. En darrera instància val a dir que la informació pertinent que aporten les fractures en la determinació de l'ús és de caràcter molt general, fent la inferència a partir d'una visió global del patró de fractura que presenta un tall; és a dir, que voler fer inferències d'ús a partir de fixar-se en les formes individualitzades dels escantells és un procediment molt poc operatiu i útil, quan no directament incorrecte.

En definitiva, voldria concloure que els termes creats per la descripció de les traces d'ús –“polit”, “arrodoniment”, “estria”, “escantell”, “abració”, “corrosió”,...– responen a apreciacions subjectives que estan en funció d'allò observat –i d'allò que evoca allò observat–, malgrat que en plantejar-los tinguem pretensions explicatives i carreguem el terme d'un valor òntic. Amb el concepte fem implícita la causa del fenomen que definim, però en realitat no controlem en absolut aquesta causa d'una forma eficient, sinó que intuïm quin ha degut ser el procés formatiu a partir de la observació de l'efecte posterior i li donem cos de realitat.

Els termes que plantejo –al voltant del més general d'“alteracions d'ús”– són molt genèrics, i val a dir que prefereixo plantejar-los des d'una perspectiva gnoseològica i abstracta que no amb pretensions ontològiques –les quals serien ben pobres i caurien en el camp de la bertranada auto-evident: evident és a fi de comptes que una alteració d'ús és un efecte “posterior” a un procés físico-químic—. Però per altra banda considero que el terme “alteració d'ús” és més honest amb l'estat actual de la recerca, es presta menys a l'especulació estèril, no condiciona tant la recerca de la formació i gènesi de les alteracions d'ús en superfície a escala microscòpica –“micropolit” i “estries” concedint al públic un cop més– i s'evita l'explosió conceptual, la qual a sobre té pretensions explicatives de caràcter ontològic sobre l'origen del fenomen. En definitiva, el concepte “alteració d'ús” ens condiciona menorment cara a afrontar el coneixement de la traça d'ús, com així mateix ens ajuda a plantejar categories més flexibles per a l'estudi del fenomen de les traces d'ús⁷⁷.

Parlar d'“alteració d'ús en superfície” –en lloc de “micropolit” i “estries”– ens permet articular d'una manera més eficient la metodologia que es planteja en el present treball, on el nou concepte passarà a entendre's com l'alteració del comportament de la

⁷⁷ Val a dir que aquestes reflexions sobre els conceptes se'm van ocórrer en quan vaig tractar amb matèries primeres diferents als sílex, en diversos treballs desenvolupats junt amb A. Toselli i I. Clemente en el marc del Laboratori d'Arqueologia de la IMF-CSIC (TOSELLI et al. 2002; CLEMENTE et al. e.p. 2002). La fenomenologia d'alteració prenia formes molt diferents a les que jo coneixia, fet que a part de causar-me una gran frustració intel·lectual em va fer replantejar la metodologia d'anàlisi, és a dir d'observació i interpretació.

reflexió de la llum en la superfície de l'instrument, tenint en compte dos moments: 1) el de la superfície prèvia de la matèria primera lítica i 2) el d'aquesta superfície alterada – modificada– per l'ús.

He de reconèixer que el plantejament d'un mètode a partir del reconeixement d'imatges també ha tingut molt a veure amb la proposta de nova denominació. En darrera instància, vaig concloure que, en les nostres analítiques de las alteracions d'ús – sempre mitjançant microscopi òptic de llum reflectida–, més enllà d'observar “abrasions”, “micropolits” i “estries”, l'únic que podíem diferenciar sense lloc al dubte eren canvis en la reflexió de la llum sobre les superfícies de les matèries primeres com a resultat d'un procés d'agressió física –l'ús.

El “micropolit” i les “estries” com a fenòmens visuals esdevenen subjectes de coneixement més que no objectes naturals. Esdevenen entitats abstractes més que entitats concretes. Llavors el concepte “micropolit”, que per definició refereix a un procés de formació previ, perd el seu sentit. El present treball està centrat en determinar descriptors visuals significatius per a l'“alteració d'ús en superfície”⁷⁸.

Generalment en la bibliografia sobre traces d'ús trobem el terme “alteració” associat amb pràctica exclusivitat –almenys en la nomenclatura d'ús corrent– a les alteracions post-deposicionals, les quals per definició no poden estar relacionades amb l'ús social dels instruments dins el context original d'interès. S'entén “alteració” com a modificació no desitjada de la traça d'ús, pràcticament oblidant que la pròpia traça n'és una d'alteració. Això evidentment comporta una certa confusió conceptual.

Més enllà d'això, però íntimament relacionat, la perspectiva de plantejar el problema de les traces d'ús des d'un punt de vista arqueològic ha comportat errors de plantejament greus. Hem pretès trobar micropolits de fusta, d'os, de pell,... des d'una perspectiva essencialista i com a tal unilineal. No vull significar que el traceòleg mig sigui ignorant que moltes de les semblances entre una matèria X i una Y són degudes a

⁷⁸ En l'intent de dissenyar una metodologia d'anàlisi d'imatges digitals, hem de raonar a partir de conceptes idonis i operatius per a allò que en darrera instància descriurem i analitzarem. En conseqüència, he intentat d'evitar guiar-me mitjançant conceptes creats i pensats per a l'observació convencional de traces d'ús mitjançant microscopi òptic de llum reflectida, conceptes els quals no s'adapten –fins i tot són equívocs– per comprendre allò que veiem en una imatge digital d'un “micropolit”. Quan observem una imatge de tal tipus podem al·ludir a “alteracions”; és a dir, a canvis d'estat d'un objecte –d'una superfície en aquest cas– com a resultat d'una acció que es reflecteixen en el seu comportament respecte a la reflexió de la llum. Evidentment, és evident que altres factors –com per exemple la intensitat de llum incident– tenen molt a veure en l'aparença de la superfície que se'ns mostrarà. És difícil llavors definir el “micropolit” com quelcom que pren sentit *per se*, com si s'autodefinís. Igualment ocorre si volem operar amb conceptes com “estria” o “abrasió”. En una imatge digital allò que es fa evident, allò que en conseqüència es pot analitzar, és la dispersió espacial de la llum, independentment de “a què” respongui. Sobre això insistirem en quan entrem a tractar sobre els principis de la imatge digital.

compartir una/es propietat/s donada/es, però sí que val a dir que no s'ha fet –o potser no s'ha pogut fer– gaire esforç per entendre la matèria treballada com un escenari multifactorial des de la seva vessant d'objecte físic. De fet, a l'hora de desenvolupar programes experimentals, se és excessivament simplista quan hom planteja els nexes causa/efecte, els quals es redueixen a “alteració d'ús = matèria treballada + estat de la matèria”, i en alguns casos “+ cinemàtica” i en molts menys “+ altres”, com podrien ser abrasius –molt relacionats amb treball de pells–; el model d'inferència subsegüent d'aquests sil·logismes acaba sent extremadament analògic. Quelcom semblant apunta R. Sala en la seva crítica de l'experimentació desenvolupada en anàlisis de traces d'ús (SALA 1993: 40-46).

Els traceòlegs pensem excessivament des de la traça d'ús com a “essència” que es correspon a un procés de treball. En els objectes arqueològics és on es fan palesos tots els problemes inferencials acumulats d'aquesta concepció idealista. Ens trobem que en els conjunts lítics és on es palesen els efectes de l'ús, però alhora hi ha un desfament en allò que observàvem en la mostra de control experimental. Degut a una distorsió procedent de l'alteració post-deposicional la identificació no és senzilla. Però possiblement també hi ha altres tipus d'alteració que provoquen distorsió i que estan vinculats amb l'ús i consum social dels instruments, tot i que no són significatius respecte allò que volem inferir dels processos de producció implicats. Aquestes alteracions poden ser per exemple posteriors a la talla, produïdes pels mateixos consumidors dels instruments, relacionades amb successos espuris com serien fricció entre esclats per transport, abracció per deposició al terra, tracte negligent dels instruments a l'espera de ser usats, i un llarg etcètera que es pot deixar a l'imaginari de l'arqueòleg, però que no per això deixa de ser plausible; ans al contrari, hem de donar per fet que algun efecte de tal mena s'ha hagut de produir⁷⁹. El menys plausible és que els usuaris dels instruments tractessin a aquests amb la cura que ho fem nosaltres els investigadors quan fem les nostres rèpliques experimentals, cara a deixar incòlumes i pures les alteracions obtingudes⁸⁰.

⁷⁹ Partint d'una òptica marxista, en aquest punt podria afegir que tot rau en una perspectiva errònia de “què” és el consum. Aquest moment de les relacions de producció i reproducció socials es pot sintetitzar en la seva essència com a un procés on succeeix una despesa d'energia que comporta indefectiblement l'**alteració** de la matèria implicada en ell. Tanmateix, no vull ara insistir en aquesta perspectiva –absolutament vàlida– per no desviar-nos de la qüestió.

⁸⁰ No es confonguin aquestes línies com un menysteniment ni crítica destructiva a l'Experimentació en Arqueologia i menys en el camp de la traceologia. Simplement pretenc apuntar que en tot moment és necessari tenir present que un experiment dels realitzats de forma controlada per un traceòleg no és

Una perspectiva més física i no tant arqueològica del procés de treball, que implicaria que es tingués en compte la multifactorialitat –necessàriament dialèctica– dels processos de formació i gènesi de les alteracions de la roca –d’ús i de la resta–, facilitaria l’assalt al problema inferencial de la determinació de l’ús dels instruments. Tots aquells que ens dediquem a les anàlisis de traces d’ús sabem que no sempre és tan fàcil discriminar entre l’alteració post-deposicional i l’alteració d’ús. Bàsicament bona part del problema rau en que factors diferents poden produir efectes similars en una sèrie mostral de casos⁸¹, però també hi ha un cert problema de desconeixement de tots dos tipus de processos de formació des d’una vesant més fisico-química.

L’alteració de l’instrument és intrínseca al seu propi ús, però també a la seva pròpia existència. De fet el propi ús darrer de l’instrument és alterador d’usos anteriors que podien haver estat de natura totalment divergent, fet arqueològicament ben plausible si assumim un cert nivell mínim de polifuncionalitat dels instruments. L’alteració va de la mà de la Realitat i es pot fer entendre com l’efecte de la interacció entre objectes en el temps i l’espai. És absurd que parlem llavors d’alteracions –referint-nos a les post-deposicionals– i de traces d’ús, quan tant unes com altres en són d’alteracions. Si no entenem això, si busquem traces pures –enteses com estats ideals, com “essències”, quasi com les resultants de processos experimentals– i concebem que tot allò que se’ls fica a sobre és una “alteració” podem tenir seriosos problemes per entendre allò que a la fi observarem en les superfícies dels objectes arqueològics. Això desembocaria a una sèrie de problemes d’interpretació seriosos, molt deguts a ingenuïtats respecte a l’observació, per acabar desconfiant de les traces d’ús a l’estil de C. Mazo o R. Grace (GRACE 1989; MAZO 1997). Potser la solució seria desenvolupar programes experimentals o projectes d’investigació totals per entendre les alteracions de les superfícies lítiques, integrant un intent de comprensió de les alteracions d’ús en tota la possible diversitat de les matèries primeres, de les alteracions d’ús accidentals no

assimilable –almenys de forma unívoca i necessària– a una activitat de producció per obtenir un bé de consum donat. No juguem (o millor dit “no hauríem de jugar”) a parodiar els nostres ancestres primitius en imitar la seva activitat productiva, sinó que en condicions de laboratori intentem aïllar variables que intervenen en un procés d’alteració física d’un instrument. L’“artificiositat” de laboratori és llavors necessària i desitjable per obtenir el menor grau de distorsió possible. N’he parlat extensament d’aquesta qüestió al llarg del text i en altres ocasions (PIJOAN 2001).

⁸¹ Hom pot posar en dubte aquest sil·logisme o bé voler especificar una sèrie de matisos a la seva aplicació per acabar desmentint-lo, però en termes generals el vull donar per bo sense ara començar a discutir la seva validesa absoluta o relativa. Allò absolutament segur és que a aquestes alçades de la història de la ciència no podem ser tan nicis com per creure que un efecte aparent és obligatòriament producte d’uns factors inequívocs molt específics i no mai d’uns altres de diferents.

resultant del procés de treball estricte i de les alteracions post-deposicionals. Hem de comprendre tota aquesta mena de processos formatius d'alteracions que sofreix un material lític, però sempre que això ajudi a la determinació de l'ús dels instruments i sense perdre'ns en debats bizantins –estil “abració *versus* depòsits”– que no aporten res.

En tot el procés d'investigació arqueològica estem observant processos dinàmics i hipercomplexos –igualment deterministes i enquadrables en lleis generals no gaire ambigües–. El propi procés de formació del jaciment, més enllà de la metafísica i dels apunts estàtics de l'excavació, és un procés dinàmic d'aquest tipus (BATE 1998; ESTÉVEZ, VILA 2000; PIJOAN 2001). A partir d'aquesta mena d'informació assolim l'objectiu d'explicar les dinàmiques socials humanes.

2·2 Apunts pertinents sobre Teoria de l'Observació.

Partint del problema ontològic que se'ns plasma respecte a les anàlisis de traces d'ús, és necessari fer una reflexió, més que sigui bàsica, sobre Teoria de l'Observació.

Una teoria de l'observació pertinent ha d'articular la dialèctica entre l'objecte d'estudi i l'observador –analista humà–, aportant un llenguatge d'interpretació d'allò observat per convertir-ho en informació, la qual desemboca en l'articulació d'un model explicatiu sobre l'objecte. En conseqüència, ens dóna criteris de versemblança sobre la informació extreta des de l'objecte.

Particularment en l'observació en anàlisis de traces d'ús, on generalment necessitem instruments de suport per desenvolupar-la –diguem microscopis–, la necessitat d'una teoria de l'observació pren molta rellevància. Alhora, aquesta particularitat obliga a plantejaments especials i adequats com veurem.

El plantejament d'una teoria de l'observació és fa més necessària que mai des d'un paradigma materialista com del que parteixo per evitar caure en paranys idealistes, on per exemple puguem equiparar l'objecte i la seva representació; és a dir, per evitar que confonguem el constructe mental que elaborem de l'objecte que observem amb l'objecte en si.

Val a dir que en Arqueologia sempre hauria de ser necessari assumir una teoria de l'observació sigui quin sigui el model teòric del qual partim, donat que el procés d'inferència que estem obligats a assumir respecte a l'objecte d'estudi es basa en mecanismes força indirectes. El problema emana de la dissociació que patim de

l'objecte d'estudi: grups socials del passat. Dit d'una altra manera més concreta, observem restes estàtiques que són el fenomen resultant de processos dinàmics d'altre temps⁸². Necessitem llavors models que articulïn les restes materials de l'acció amb la pròpia acció, models de comesurabilitat entre procés dinàmic i fenomen.

Amb tot, la cosa tampoc resulta tan senzilla. Per una banda podríem considerar que aquests processos socials dinàmics del passat són particulars, ocorreguts en un moment irrepetible –per definició– i en gran mesura ideal. Per molt que estiguin regits per lleis generals –assumpció que necessitem per no crear ja un absolut col·lapse gnoseològic– no els podem entendre fora de la seva particularitat. Tanmateix, no em refereixo al fet que haguem d'estar interessats en aquesta particularitat, sinó que la discriminació entre allò particular i allò general és força difícil d'assolir. La particularitat provocarà alts nivells de soroll en quan pretenem extreure un patró més general relacionat amb altres casos arqueològics. Primerament cal adonar-nos que pretenem reconèixer lleis generals que regeixen les accions socials, no una representació de totes accions socials que percebem fins a la seva dimensió de fet quasi quotidià, pretendre això darrer seria –a banda de pretensions– absurd, doncs l'excés d'informació només pot conduir a un col·lapse del propi coneixement que siguem capaços de crear. En conseqüència, també cal que dins el model hi hagi mecanismes que ens ajudin a discriminar la informació pertinent de l'accessòria.

Per una altra banda, més enllà de les lleis generals necessitem trobar descriptors correctes per a allò que observem, correcció que ve donada per la resposta potencial de la dada a la pregunta plantejada des de la nostra hipòtesi prèvia que regeix la recerca. Necessitem descriure per poder inferir generalitats, però evidentment cal anar més enllà de la descripció, la qual mai no pot ni ha de ser neutra teòricament. La neutralitat teòrica, més enllà de ficar-nos en si aquesta és possible o no, només pot dotar de vacuïtat al discurs explicatiu subsegüent.

Una teoria de l'observació ha de donar, per altra banda, criteris d'avaluació de la confiabilitat, certesa i representativitat de les dades obtingudes. Aquest és el pas més crític, doncs podem caure fàcilment en el camp d'explicitar criteris d'avaluació que alhora necessitin altres criteris d'avaluació. L'únic criteri que tenim fins ara per

⁸² Val a dir que el que afirmo en aquest paràgraf es pot prestar a una eterna discussió: l'estatisme de les restes arqueològiques. Tot i que sabem que ònticament les restes arqueològiques com a objectes de la Realitat no són per res del món "estàtiques", als efectes pràctics de coneixement –és a dir, gnoseològicament– se'n presenten com a entitats estàtiques. El repte precisament està en saber extreure de l'objecte tota la informació pertinent que refereix al procés dinàmic que el defineix. Àmpliament he tractat aquesta qüestió en anteriors treballs meus (PIJOAN 2000: 2-4, 2001).

comprovar el grau de fiabilitat del nostre model hipotètic és el grau d'adaptació d'aquest al camp de la Realitat a què es refereix. És a dir, que l'únic mètode de contrast que posseïm per assegurar-nos no anar errats en les nostres suposicions, passa altre cop per la intervenció en el Món. Hem d'evitar per altra banda allò que M. Gándara assevera: *“Es evidente que, más que teorías observacionales bien definidas, explícitas y corroboradas, la arqueología incorpora un conjunto de procedimientos técnicos, repetidos por tradición, cuya fundamentación teórica permanece siempre sin discutirse”* (GÁNDARA 1987: 9). Absorbim models, tècniques, extrapolem teories... multitud de materials intel·lectuals i científics d'altres camps sense avaluacions ni adequacions pròpies en gaires ocasions. Fer això en un moment històric en què el coneixement del Món és molt ampli, en el qual hi ha llibres i més llibres carregats de lleis per diferents camps de la Realitat, pot resultar encara més problemàtic. Com el físic D. Bohm diu al respecte: *“podem dir que en relació a la totalitat de les lleis naturals, mai tindrem suficients punts de vista ni seccions transversals com per donar-nos una comprensió completa de la seva totalitat. Però segons la ciència progressa i es desenvolupen noves teories, cada cop tenim més punts de vista, els quals són allora més comprensius i més detallats,... Cada teoria o explicació particular d'un conjunt de fenòmens donats tindrà llavors un domini de validesa limitat i serà adequat només dintre d'un context limitat i sota unes condicions limitades. Això significa que qualsevol teoria extrapolada a un context i condicions arbitràries portarà –com els punts de vista parcial del nostre objecte– a prediccions errònies”* (WOODS, GRANT 1995; T.O. 1991)⁸³. Insisteixo en aquesta mena de problemes, doncs en Arqueologia –i també en anàlisis de traces d'ús– l'extrapolació de models aliens ha portat a problemes d'ampli abast, com hem pogut comprovar en l'elaboració de dissenys de gènesi i desenvolupament del micropolit.

En trets generals, aquesta problemàtica observacional exposada fins ara es desplega tal qual sota els mateixos termes en les anàlisis de traces d'ús. En honor a la nostra disciplina val a dir que des d'aquesta es va plantejar, pràcticament de forma pionera en Arqueologia, la solució –almenys parcial– dels problemes observacionals: l'Experimentació. Amb tot, val a dir que aquesta solució era imperfecta. Majorment hi ha hagut un desenvolupament de programes experimentals amb estructures massa

⁸³ Donat que el text d'on extrec aquest fragment ja és una traducció de l'anglès al castellà, he optat per fer de nou una traducció al català. Apunto també que els autors citats, al seu torn, prenen un fragment d'una obra de D. Bohm de 1984.

simples, des d'una perspectiva excessivament arqueològica que no ha permès donar explicacions gaire bones per al problema de la formació de les traces, per a la qual haguessin calgut una mena d'experiments des d'una vessant que entengués el procés de formació de les traces més des d'una perspectiva física que no social. Per una altra banda, la solució que aporta l'Experimentació resulta parcial, doncs les anàlisis de traces d'ús pateixen problemes que van més enllà de la dissociació de l'objecte d'estudi, solventada en part mitjançant la creació de col·leccions de referència experimentals per les traces i de models de desenvolupament d'aquestes. Hi ha un seriós problema que s'ha deixat molt de banda: el significat d'"allò què" veiem i de "com" ho veiem. D'altra banda hi ha problemes epistemològics sobre la confusió entre la observació i la interpretació, denunciada per diversos autors, des d'on s'han creat debats bizantins greus (NEWCOMER et al. 1986, 1987, 1988; MOSS 1987; BAMFORTH 1988; HURCOMBE 1988). Tot seguit volem fer esment a totes aquestes qüestions, les quals s'entrellacen entre elles com ja veurem.

2·2·1 Teoria de l'Observació i del Coneixement. La "Veritat" científica.

Hi ha un punt de trobada on Teoria de l'Observació i Teoria del Coneixement es troben per acabar sent una mateixa cosa. La Teoria del Coneixement articula el Coneixement del món amb el propi món, intentant ser una eina que faciliti la comesurabilitat del Coneixement respecte als objectes i fenòmens reals sobre els quals versa. En aquest sentit, com a eina de presa de dades de la Realitat a partir de les quals representar la Realitat, l'Observació entronca amb el Coneixement, més quan en si l'Observació no és neutra –no és un simple "mirar"– sinó que està carregada de principis que articulen amb la teoria del coneixement prèvia. Una imatge no és simplement la dispersió de colors en un marc, sinó que la interpretació d'estructures d'una representació de la realitat.

Així, la Teoria del Coneixement és la que ens dona els mecanismes per circumscriure l'objecte d'estudi i l'objecte d'observació pertinents, a partir de les preguntes prèvies que ens plantegem. Partint de la idea de la multidimensionalitat de l'ésser que acompanya a la pròpia existència dels fenòmens i objectes reals, així com alhora la unitat de la Realitat, necessitem posar límits a allò que volem aprehendre de la Realitat.

El que s'ha anomenat “progrés científic”⁸⁴, entès com el procés d'acumulació de coneixements més acurats sobre la Realitat, es basa en l'actualització contínua de coneixements previs. Agrada molt en la literatura d'història de la ciència, sobre tot en la més divulgativa i pedagògica, ficar exemples que aquest “progrés científic” es basa en la refutació de concepcions anteriors d'un fenomen o d'un objecte real per unes de noves i que s'adaptin més a l'existència real de l'objecte. Això no cal que sigui així i, en general, el que realment ocorre en el progrés del coneixement científic és que per a cada nou salt significatiu han estat necessaris els coneixements anteriors, fins i tot aquells que en principi sembla que es neguin totalment⁸⁵. En el “progrés científic” hi ha, en certa forma, errors inevitables en funció del coneixement en un moment històric i que alhora són imprescindibles per crear coneixement en un futur. Però insisteixo en que, més que negacions rotundes, allò que sol donar-se són acuraments continus.

Amb aquest discurs es pot obrir el debat etern sobre si allò que cerquem en la Ciència és el coneixement de l'essència existencial dels fenòmens i objectes que poblen la Realitat o bé la construcció d'uns criteris mínims per poder actuar sobre la Realitat. Des del moment que reconeixem que en moments anteriors del coneixement científic aquest ha estat poblat de concepcions errònies, podem qüestionar-nos si l'aprehensió de la dimensió existencial de l'objecte és possible actualment –recolzant el nostre argument en la multidimensionalitat inassumible de l'ésser–. Per altra banda, davant del

⁸⁴ Circumscric la denominació “progrés científic” lluny del model de T.S. Kuhn de les revolucions científiques i els paradigmes (KUHN 1981), el qual considero que és massa simplista i per això fal·laç. Hi ha involucions en el desenvolupament científic molt àmplies temporalment i d'un estadi on domina un paradigma –“domini de paradigma” que falta discutir si és tant hegemònic– no es passa a un de “superior”. Això només es podria acceptar pels tres, quatre o cinc darrers segles de desenvolupament del coneixement. El “progrés científic” és totalment dependent del desenvolupament de les forces productives i una involució en el desenvolupament d'aquestes comportarà irremissiblement una involució en el “progrés científic”. Per molt bones idees que hi hagi, per molts bons coneixements i hipòtesis que es plantegin, si en el si del sistema social que les acompanya no es generen les condicions objectives per materialitzar-les, la seva implementació acaba resultant una quimera. El desenvolupament econòmic promou el desenvolupament científic, relació dialèctica de retroalimentació positiva. En definitiva, entenc “progrés científic” com tots aquells avenços del coneixement del món que podem percebre en un moment actual, no adscrits tanmateix sota una línia cronològica estricta, però sí quant als diferents moments de desenvolupament de les forces productives que s'han evidenciat en el procés històric de la humanitat, dintre de la qual els tres darrers segles han mostrat un punt d'inflexió innegable.

⁸⁵ Per exemple, la “mitologia” del coneixement científic presenta el model del moviment dels astres de Ptolomeu com absurd, quan de fet la descripció del moviment aparent dels astres era acuradíssima. L'únic error que presentava era l'assumpció de l'estatisme de la Terra, així com la seva localització central dintre del model. Però el cert és que el coneixement de física del moment, on la gravitació de la Terra no estava ni plantejada, no permetia pensar en un model on el propi planeta es mogués. El model de Galileu respon més a una brillant intuïció que no a un model que pugui ser considerat correcte científicament parlant. Aquest model, tot i que contrastat per observacions inapel·lables més tard, va coixejar fins que Newton va plantejar la Teoria de la Gravitació Universal, que explicava tant el moviment dels cossos estelars com l'atracció dels cossos que romanen sobre la Terra –“sobre el terra” si hom més s'ho estima.

fet que certes concepcions passades, malgrat que errònies, foren suficients per actuar eficientment sobre els objectes que hi eren descrits, podem dubtar que sigui necessari el coneixement de la dimensió existencial de l'objecte. Amb tot, cal reconèixer que com a científics ens pot resultar dur renunciar a l'aprehensió de l'objecte real. Si allò que pretenem des de qualsevol disciplina científica és el coneixement de la Realitat, hauria de preocupar-nos de primer moment si allò que estem representant respon comesurablement a aquesta o ben al contrari en difereix –bé per errors en la captació i mesura del fenomen, o bé per errors introduïts per nosaltres mateixos per unes hipòtesis prèvies falses.

L'objectiu de la Ciència rau en conèixer el Món, no d'una forma gratuïta, sinó que amb la intenció d'intervenir-hi i modificar-lo en benefici del control que exercirà sobre ell l'espècie humana, o més aviat les classes dominants dintre d'ella... però això es tema d'un altre tipus d'autor (FOUCAULT 1970, 1986). El final de l'equació és fàcil; a més control, més domini i més economia d'energia i seguretat pel desenvolupament social. Aquesta concepció de la Ciència està ben lluny dels idealismes de “la recerca de la Veritat”. Malgrat tot necessitem apropar-nos a la “Veritat” –entesa com adequació del discurs a la realitat existencial de l'objecte sobre el qual versa– per poder manipular la Realitat. Allò que sempre tindrem de la Realitat serà una Representació d'aquesta i no la Realitat mateixa; Realitat i Representació no s'identifiquen, malgrat que han de posseir una relació de comesurabilitat directa entre elles.

El problema rau en el criteri de Veritat, el qual és preferible que substituïm d'una forma molt més humil per “grau de fiabilitat” o “índex de versemblança”. Plantejat així la Veritat és un concepte i problema de caràcter més aviat gnoseològic i no pas ontològic; en altres paraules no hi ha una Veritat amb una entitat, sinó que és quelcom que establim comparant el nostre discurs amb la dimensió de la realitat de l'objecte sobre la qual versa. Hom pot afirmar que la Veritat està en la existència de l'objecte; però considero més acurat que la Veritat és un concepte que està en la ment de l'investigador per definir el desig que la seva concepció sobre un aspecte de la Realitat sigui comesurable.

Problemes d'aquesta mena acaben provocant el plantejament de proposicions com la de I. Kant quan afirma que de les coses només es pot arribar a conèixer l'aparença, mai l'essència de la cosa en si. La dissociació entre aparença i essència és un tant incompreensible; comporta negar qualsevol comesurabilitat entre allò observat i l'objecte –negar qualsevol valor a l'observació i els sentits lluny de cap sentit comú per

mínim que sigui–, així com també es nega la pertinença de l'aparença amb l'objecte, amb la qual cosa es cau en l'absurd de basar-nos en l'aparença d'un objecte per descriure'l quan reconeixem que aquesta no representa l'objecte en la seva essència. G. Hegel soluciona mitjanament la contradicció afirmant, amb prou fortuna, que conèixer les propietats –l'aparença– d'un objecte és conèixer l'objecte en si. No existeix barrera absoluta entre aparença i essència; això és una trampa de caire idealista.

Per altra banda, l'aparença dels objectes no és quelcom unívoc que es mantingui, car hi ha diferents nivells d'observació d'un objecte. Per altra banda, les limitacions dels sentits en l'observació acaben sent suplides per instruments d'observació auxiliars –cas dels microscopis– i pel recurs a observacions indirectes de les quals podem obtenir coneixement vàlid.

El que sí que ocorre és que d'un objecte allò que podem conèixer és allò que n'estudiem d'ell, no poden accedir a allò que no observem. Estudiem d'un objecte allò que en principi ha de respondre a la nostra pregunta prèvia que ens plantejàvem i obviem aquells aspectes de l'objecte que observar-los no ens aportarà informació pertinent per respondre la pregunta. Una altra cosa és que ens plantegem preguntes irresolubles a partir del nostre coneixement previ i de les nostres possibilitats tècniques d'observació; llavors el problema no estarà en l'objecte, sinó en que les nostres preguntes no són adequades científicament parlant. És a dir, el problema darrer serà de caire teòric i epistemològic, no ontològic. La Veritat no pot ser entesa en definitiva fora del coneixement, seguint la idea de G. Hegel. F. Engels referint-s'hi al respecte diu: *“En Hegel, la veritat que havia de conèixer la filosofia ja no era una col·lecció de tesis dogmàtiques fixes que, un cop trobades, només calgués aprendre-les de memòria; ara, la veritat residia en el mateix procés de conèixer, en la llarga trajectòria històrica de la ciència, que, des de les etapes inferiors, es remunta a fases cada cop més altes de coneixement, però sense mai arribar, pel descobriment d'una dita veritat absoluta, a un punt en el qual ja no es pugui seguir avançant, en el qual només quedi restar de braços creuats i asseure's a admirar la veritat absoluta conquerida”* (ENGELS 1980: 9; T.O. 1888). Les tesis de G. Hegel sobre la dialèctica permeten dur a terme enfocaments més oberts en el plantejament del problema del coneixement, lluny d'essencialismes dogmàtics sobre el valor del coneixement. Conèixer és aprehendre el món, no crear-lo de nou a imatge i semblança nostra.

Com es pot intuir el problema de la Veritat és el problema de la necessitat de tenir per una banda mecanismes de verificació de les nostres hipòtesis sobre el món

ahora que mecanismes i/o eines de representació del món adequades i comesurables. El problema sorgeix quan, com ja he esmentat, la Realitat és “*de natura d’anguila en quant fa*”⁸⁶ i no es deixa aprehendre fàcilment.

Davant del problema ontològic que s’estén per provocar-ne un de gnoseològic i epistemològic, allò que resultaria estèril seria barallar-nos amb la Realitat perquè canviï i es deixi atrapar fàcilment amb l’ajut de sil·logismes de lògica formal, construïts en base a observacions i inferències subsegüents immediates. L’única sortida honrosa és saber trobar mecanismes de representació adequats i aproximatius, no prenent fer construccions absolutament tancades de la Realitat. El concepte de “probabilitat” dona la clau del problema.

2.2.1.1 Veritat i Probabilitat: Realitat i Representació.

El concepte de “probabilitat” no té una definició en absolut unívoca. Més enllà del canvi de connotació que ha tingut al llarg de la història⁸⁷, n’hi ha un de més actual i de debat. Si la definició filològica serveix per a quelcom d’útil, el Diccionari Català contempla dues accepcions al voltant de la definició general “qualitat de probable”:

- a) Versemblant, fonamentat en raó prudent.
- b) Dit d’allò que es té bones raons per creure que es verificarà o succeirà.

És a dir, que es pot entendre com semblança amb la veritat segons a), o bé com veritat aparent segons b). La semblança implicaria bases estructurals compartides i l’aparença estaria basada en evidències més o menys indirectes que perfilen quelcom que es manifesta de l’objecte. A fi de comptes es tracta de la qüestió del coneixement que s’assoleix sobre l’objecte del qual versa la proposició probabilista.

En definitiva, hom es pot preguntar després d’aquestes línies: “quina Realitat descriu un proposició probabilista?”. En principi hom diria que no expressa un model explicatiu tancat, però que sí que ofereix uns marges d’explicació sobre un fet. S’associa així de forma general la probabilitat amb la incompletesa del coneixement.

Amb tot la “incompletesa” depèn en gran mesura del sentit que li atorguem a la proposició; allò que pretenem explicar a través d’ella. En altres paraules, la

⁸⁶ Parafrasejant al conspirador Bernat Metge quan es referia a la conducta que ha de seguir tot aquell que es dediqui a l’art política.

⁸⁷ En referència a aquesta evolució veure per exemple (RAMÍREZ 1989: 85-105).

“incompletesa” de la proposició probabilista està d’acord amb la predictibilitat efectiva que d’ella vulguem extreure. Afecta com a predictibilitat a un fenomen de coneixement efectiu nostre, en principi no implicat en la existència dels objectes de la Realitat sobre els quals versa. Per entendre això val a dir que podem entendre una proposició probabilista com a representació aproximada d’un objecte existent, o bé com a predicció respecte a un fet de pròxima successió. Una o altra intenció explicativa a partir de la proposició carreguen aquesta de sentit d’una forma molt diferent⁸⁸.

Amb tot, la relació de probabilitat no és en si explicativa de l’essència de l’objecte i de les causes que han provocat que sigui com és, sinó que expressa una relació estadística dintre del conjunt de població a què pertany l’objecte. Hi ha molts pocs casos on una proposició probabilista prengui un sentit ontic real; en debat està si el món quàntic de les partícules té un comportament d’aquesta mena com a essència òptica, on la base de la probabilitat de la conducta dinàmica no és cap llei sinó que l’atzar. Però la major part d’atzar està per explicar el cas de cossos en moviment, on l’atzar no està en la forma d’interacció entre ells, sinó que en el fet que coincideixin en l’espai i que nosaltres ho puguem prevenir.

La definició d’“atzar” és complexa i de difícil comprensió. Col·loquialment –i desafortunadament– refereix a la manca de causalitat d’un fet, però alhora s’empra per explicar models de successions periòdiques –tipus atzar en el joc– i actua en models de correlació entre objectes en moviment autònom dintre d’un marc espacial restringit. Actua en els anomenats sistemes estocàstics. La fenomenologia de les traces d’ús pot ser entesa com a resultat de processos estocàstics. “Sistemes estocàstics” són aquells en què el coneixement de l’Estat del Sistema en un moment donat només et dona un coneixement predictiu probabilístic sobre quin pot ser el seu Estat Futur (ESTANY 1993: 129). La causa de la “indeterminació” és la complexitat del sistema, tal que el control de variables possible és parcial i limitat. Bàsicament la forma de procedir és la matemàtica estadística.

⁸⁸ Per posar un exemple que faci més entenedor al que refereixo en aquestes línies, cal considerar que és molt diferent la interpretació que podem donar de la equiproporcionalitat dels naixements entre nenes i nens si és per interpretar la possibilitat abans de la concepció que s’ha de produir o si és per valorar la possibilitat del sexe d’un embrió ja concebut. Sobre la possibilitat del fet futur dona una aproximació del que pot ocórrer en funció del comportament de poblacions passades globals, coneixement que es pot usar a mode predictiu. Com a cas individual no té cap sentit ontològic respecte al que serà, doncs es tracta d’un fet a ocórrer que encara no existeix; però sí que el pren un cop es materialitzi l’embrió dintre del conjunt de població de la mateixa característica. Sobre allò que se n’extreu referent a un embrió és una probabilitat a mode d’expectatives que podem tenir a mode de coneixement, però el sentit ontològic és nul, doncs l’essència de l’objecte ja està determinada com femenina o masculina, malgrat que nosaltres ho desconeguem.

El desenvolupament i gènesi de les traces d'ús tenen una estructura de sistema estocàstic. Això no significa que sigui un atzar que es desenvolupin les traces d'ús o que no tenen una estructura responent a unes causes, sinó que, a nivell de microescala, factors tals com la inestabilitat del moviment i el microrelleu de la matèria primera en què està fet l'útil –entre molts altres com ja he explicat– provoquen que la microestructura d'una superfície alterada per l'ús sigui d'aquella forma i no d'una altra –per molt similar que arribés a ser– per un cert factor aparentment aleatori⁸⁹. Tanmateix, una superfície alterada generada “a l'atzar” podem considerar que respon a uns patrons recurrents si en el procés d'observació ens fixem en trets generals, valorant la interrelació dels elements compositius de l'alteració i fugint d'identificar particularitats⁹⁰. S'ha escrit molt sobre ordre en el caos, atractors estranys i demés fets contrastats que justifiquen la successió d'aquests fenòmens en la natura (per ex. MANDELBROT 1987; PENROSE 1991).

Més enllà de l'acció de l'atzar –si és que es pot dir que l'atzar “actui”–, el coneixement i la representació de tot fenomen la fem a partir de comportaments passats de poblacions de natura similar al que ens ateny.

Allò que sí que és cert és que una proposició probabilista no pren gaire sentit a nivell de predicció ni de descripció d'un sol cas concret, sinó que d'un conjunt de casos. Llavors val a dir que la valoració que se'n pot fer és certament complexa. El que importarà serà el criteris que nosaltres introduïm en el model de judici probabilista, que quan més elements tingui ben segur que ens donarà aproximacions reals més acurades.

Si la probabilitat acaba sent més aviat representació que no explicació de fenòmens sobre els quals versa, llavors no és certa la tesis de K.R. Popper que afirma que la probabilitat pren sentit en cadascun dels nous esdeveniments que s'estan produint en una sèrie descrita sota lleis de probabilitat (POPPER 1982: 91; T.O. 1959). Que la informació probabilista ens doni unes expectatives respecte a què succeirà en un experiment no implica que aquesta sigui una essència del fenomen necessàriament, tret del possible cas del comportament de les partícules quàntiques que anteriorment ja he

⁸⁹ Els propis defensors a ultrança de la Teoria del Caos –entre els quals no em compto– es neguen a aplicar l'adjectiu de “aleatori” al “Caos”.

⁹⁰ Aquesta és una de les causes del meu dubte en la inutilitat d'usar molts augments per les diagnosis de traces d'ús: la pèrdua de la visió general de l'alteració, que és l'únic nivell on podem trobar recurrència. En cas que n'existeixi una altra a una microescala menor, llavors seria una altra de diferent de la del microscopi òptic, però ineludiblement hauríem de buscar un “patró” i aquest per definició respon a una estructura on s'interrelacionin elements dins un marc general, no la suma de particularitats aïllades.

esmentat. Per altra banda, assumir la probabilitat com a propietat essencial de l'objecte implica assumir l'indeterminisme òntic –una postura teòrica molt concisa i gens innocent–. ¿No haurien de parlar més aviat d'indeterminisme de la nostra capacitat de predicció respecte a la conducta de l'objecte? La idea que la probabilitat constitueixi una propietat dels objectes és una trampa idealista en la major part dels cassos, on confonem Coneixement amb Realitat. I en el cas que la probabilitat fos una propietat òntica de certs objectes, no tenim per què inferir que es tracti d'un universal, com de fet pretenen certs filòsofs.

Defugir la postura de la probabilitat ontològica quasi implica d'acceptar automàticament la probabilitat epistèmica; és a dir, de mètode, de coneixement. J. Bernouilli, en els inicis de la ciència moderna (BERNOUILLI 1968; T.O. 1713), ja defineix la probabilitat com a grau de certesa –coneixement de l'objecte llavors– i difereix d'aquesta com la part del tot. Malgrat que puguem considerar la proposició més o menys afortunada, la idea que conté és correcta. D'aquesta forma estaria més proper a la postura de P.S. de Laplace que considera la probabilitat resultat de la manca de coneixement i no com una propietat de les coses (DE LAPLACE 1985; T.O. 1795). Aquests dos darrers paràgrafs prenen més sentit en quan intentem usar la probabilitat com a criteris de predicció.

No és vàlida la dicotomia entre una “Ars Cogitandi” i una “Ars Conjectandi”, la primera constituent sistemes de proposicions de lleis completes que refereixen a coses conegudes i passades, la segona referint-se a l'art de la predicció sobre els fets futurs constituent sistemes de proposicions de lleis de probabilitat (RAMÍREZ 1989: 91-92). La probabilitat també pot versar sobre fets del passat i la dicotomia feta pels savis de l'època moderna es perfila com simplista. Per altra banda, sense poder ser d'altra manera, les lleis de probabilitat són en bona mesura sorgides de l'acumulació mnemènica de successos del passat, recollits en forma de registre per nosaltres i sobre els quals n'hem extret uns patrons de recurrència, ajudant-nos majorment –però no únicament– de la matemàtica. Tanmateix, si ens ho parem a pensar, el procés de determinar empíricament el nombre de casos en què ocorre un tipus de succés sota les seves diferents formes, mitjançant l'observació, no és res gaire diferent al que es fa en general en la investigació científica. Com de fet tampoc és gaire novetat que no basta una observació per basar en ella una predicció, molt menys una teoria, sinó que cal

aconseguir una mostra significativa⁹¹. Possiblement l'única diferència de les lleis probabilístiques sigui el nivell de certitud obtingut en la predicció. També val a dir que la probabilitat és sorgida d'un registre de possibilitats sobre el desenvolupament d'un fenomen i no de l'anàlisi de les causes que motiven el fenomen i el propi fet de la variabilitat que mostra en els diferents casos concrets, sent aquest darrer l'estat òptim que pot assolir una explicació científica.

En Arqueologia treballem molts cops sobre la incertitud de què representa allò que trobem. Un cop ho interpretem, la inferència és de tipus indirecte i també molt en funció de "probabilitats", malgrat que alguns s'entestin en negar-ho. Si no fos així prompte s'hagués acabat el sentit de l'Arqueologia, doncs ja haguéssim assolit un coneixement tancat i suficient sobre el passat com per haver de continuar parlant-ne. L'Experimentació ha estat una de les eines per solucionar aquest esbiaix. També les aproximacions de caire estadístic corrents en l'Arqueologia –més abundants posteriorment al naixement i principis de la "*New Archaeology*"– són mostra evident de discursos plantejats sota expressions probabilistes, malgrat que molts cops els qui les empen pretenguin que siguin arguments que possibilitin l'expressió categòrica⁹².

Hom pot creure que emprant la probabilitat com a base de creació de proposicions sobre el passat humà es pot caure en el camp de l'elucubració, on la major part d'allò que s'afirmi siguin mentides, doncs partint de l'obvietat que el fet que és objecte d'estudi ja ha ocorregut d'una forma concreta, la major part de probabilitats alternatives que hi plantejem seran falses si no directament totes, quedant l'autèntica amagada sota la nostra ignorància. Evidentment els operadors que emprin la probabilitat han d'evitar en la mesura del possible un treball de caire especulatiu lliure; els mecanismes lògics han de ser molts concrets i basats en els fets coneguts del passat o del funcionament social humà, així com les probabilitats que donem com a conclusió no poden ser contradictòries i estar al mateix nivell de certitud⁹³. La probabilitat no és indeterminació completa tampoc; en posseeix un grau, però ha de tenir una tendència a la certitud. El marc teòric del qual partim ens ha de donar part d'aquests mecanismes operadors: eines d'interpretació de la evidència. No és el mateix elucubrar a partir

⁹¹ Aquests dos fets ja els apunta J. Bernouilli a la seva *Ars Conjectandi* al 1713.

⁹² D'aquí l'èxit del X^2 , que donava un resultat quasi categòric de probabilitat d'una hipòtesi prèvia. Amb el X^2 es pretenia recolzar hipòtesis de l'investigador oblidant-se que molts cops la resposta venia donada per la selecció de la mostra i de les variables a contrastar (BARCELÓ et al. 1994).

⁹³ Per posar un exemple entenedor, no podem afirmar que un embrió que tenim al davant pot ser o bé nen o bé nena i quedar-nos tan amples, creient-nos que hem aportat un coneixement sublim.

d'intuïcions que elaborar proposicions probabilistes a partir d'evidències. Així mateix, recordaré que la proposició probabilista pren sentit en la generalitat dels casos que són la mostra d'estudi i no tant en cadascun dels casos de la mostra presos independentment. Això també implica tenir en compte la representativitat de la mostra, tema en el qual no entraré doncs està clarament desenvolupat en desenes de llibres d'estadística⁹⁴.

En anàlisis de traces d'ús elaborem un coneixement de tipus probabilista i aproximatiu, almenys quan tractem amb material arqueològic, sobre el qual no posem cap mena de control directe sobre els processos de treball en què han participat els instruments que analitzem. Expressions com “matèria treballada dura/mitja/tova” – eternament emprades en la bibliografia de la nostra disciplina – expressen el caràcter probabilista i aproximatiu de les inferències que podem assolir, tot i que amb una expressió molt matussera. El fet de les alteracions post-deposicionals –tant les més agressives com les que podrien comportar alteracions mínimes òptimes i ineludibles– s'han tingut en gran mesura com les causants d'aquest esbiaix, però val a dir que la pròpia natura del fenomen de desgast, amb desenes de factors formatius que malgrat tot poden arribar a tenir valors semblants que desemboquin en un resultat similar del fenomen, també té molt a veure amb això⁹⁵. L'encavalcament gradual dels micropolits, tot i que diversament valorat per diferents autors (GONZÁLEZ, IBÁÑEZ 1994; GRACE 1989; VAUGHAN 1981⁹⁶), és un fet innegable. Davant d'això, en lloc de córrer darrera a la negació de les anàlisis de traces d'ús com a mètode per inferir la funció dels instruments arqueològics, seguint uns mecanismes de pensament parents del “Falsacionisme Dogmàtic”, hem d'acceptar el coneixement aproximatiu i probabilista com a vàlid, intentant evidentment millorar-lo en la mesura del possible.

Tot i que no sigui donant un model explicatiu tancat, el coneixement basat en proposicions probabilistes demostra ser operatiu per tractar amb segons quins casos de fenòmens i situacions, sempre depenent de les intencions de control que tinguem sobre aquests o aquestes. Jugar amb la probabilitat és un mecanisme d'inferència molt vàlid a

⁹⁴ S'estén de la probabilitat la necessitat ineludible de l'aproximació experimental, la qual es pot combinar amb resultats que s'expressin sota la forma de proposicions probabilistes.

⁹⁵ Per posar un exemple extret de la meua experiència, diré que he observat que la fusta i l'os molt fresc – o d'individus nous – poden arribar a desembocar en micropolits molt similars, pràcticament idèntics en alguns aspectes.

⁹⁶ Per la meua banda, em decanto cap a la possibilitat d'un encavalcament “optimista” tipus el de J.J. Ibáñez i J.E. González lluny de l'extremadament “pessimista” de R. Grace, on les diferents categories s'encavalquen enormement sense ordre ni concert, provocant en conseqüència la impossibilitat d'identificar usos a partir del micropolit.

nivell científic. M. Gándara crítica durament el “Falsacionisme Dogmàtic”, com ell l’apel·la, i l’adscriu com a mecanisme d’inferència dels arqueòlegs sistèmics. Segons afirma, potser generalitzant massa, des de la filosofia de la ciència es rebutgen els principis del Falsacionisme, per ser contraris als mètodes de raonament científic i a la realitat sobre com s’avança en el camp de la ciència. En la investigació científica real hom es preocupa de donar consistència al model que construeix i no en acumular criteris de falsació. Altra cosa és que la teoria tingui criteris de contrastació per mostrar que allò que expressa sigui cert, però no criteris explícitament per negar-la. Possiblement, el problema dels qui opten pel Falsacionisme és que, íntimament admirats pel concepte de “Veritat Absoluta” i la seva recerca, pensen que les teories i conclusions resultant d’una investigació són afirmacions categòriques, perdent la perspectiva que la història del canvi i progrés científic mostren tot el contrari.

Per la seva banda, I. Lakatos contra el Falsacionisme afirma que l’observació científica està orientada per expectatives (LAKATOS 1977: 28), les quals poden arribar a conformar teories. Aquestes teories segons el mateix autor se les acaba anomenant “Teoria de l’Observació”.

Tanmateix, M. Gándara dins del camp de la Teoria de l’Observació en Arqueologia, tot i estar absolutament en contra del Falsacionisme, afirma que la posició “probabilista”, que exigeix graus de fiabilitat per confirmar hipòtesis, no és vàlida (GÁNDARA 1987: 7). No tinc molt clar que no sigui contradictori estar en contra del Falsacionisme i estar contra la verificació a partir de l’assoliment de graus de fiabilitat. Per la meua banda, crec que l’única sortida epistèmica vàlida per anar contra el Falsacionisme és la posició “probabilista” en els termes que l’he expressat fins ara. Des de la probabilitat no s’acceptaria que els casos que s’aparten del model general explicatiu el neguin, a no ser que assoleixin uns nivells massa alts com per poder continuar sent definits com excepcions. El Falsacionisme es basa en quelcom que seria un despropòsit per a la Teoria de la Probabilitat: el donar més pes a les excepcions que a la generalitat. El Falsacionisme pot prendre sentit per tractar els casos que contradiuen lleis tancades, és a dir sobre casos que contradiguin lleis causals definides amb una sintaxi i semàntica molt concretes sobre com succeeix un fenomen⁹⁷. Això no és en cap

⁹⁷ Es pot afirmar que K.R. Popper no ha estat tan “falsacionista” com l’han vist els seus crítics i que el model de contrastació que proposa no és talment com s’ha expressat per part d’aquells que l’han volgut refusar. Ell mateix reconeix que una simple situació concreta en la qual no es correspongui allò que explica el model tampoc és suficient per refusar tot el cos teòric. Cal que aquesta situació falsadora es reiteri un número tal de vegades com per fer dubtosa la veracitat del model teòric. A la vegada, també

cas, com ja sabem, el que expressen les lleis probabilístiques. De fet, una excepció no té gaire pes dintre d'un model probabilístic pur, doncs allò que s'intenta descriure és el comportament d'una població de dades i no les lleis que regeixen el seu comportament; l'excepció només ha d'amoïnar a l'hora d'intentar elaborar aquest darrer tipus de lleis.

Una Realitat on els objectes d'estudi i de coneixement refereixen a poblacions àmplies –en bona part dels casos infinites– ha obligat, des de l'invent de la ciència moderna, a circumscriure's a mostres poblacionals significatives com argument suficient per confirmar una teoria. Demandant a la teoria un alt grau de fiabilitat –és a dir, demandant-li amplis camps d'aplicació amb certesa comprovada– ja en tenim prou. Hom pot al·legar que la solució del mostreig és satisfactòria a mitges, donat que el càlcul s'ha de fer sobre poblacions infinites i s'ha d'acabar aplicant una convenció metodològica sobre la significativitat de la mostra –que obliga a recórrer a altres camps i altres teories auxiliars–. Sota aquest fet podem concloure que la comprovació teòrica a què volen obligar els falsacionistes no és possible de dur a terme. Evidentment i amb el temps, l'acumulació de casos i proposicions subsegüents que contradiguin la teoria obligarà a una revisió de la teoria. Amb això retornem al fet de la provisionalitat del coneixement i, òbviament, a la seva millorabilitat⁹⁸.

2.2.1.2 Probabilitat, Recurrència i Estadística.

Parlar de Probabilitat pràcticament comporta parlar de l'Estadística en quan passem a tractar qüestions de mètode. La finalitat de l'Estadística és principalment detectar “patrons de recurrència” sobre poblacions de casos. La “recurrència” és la reiteració de l'aparició d'una sèrie d'atributs o valors en els casos del conjunt poblacional o d'una successió temporal de fets.

En la quotidianitat considerem que les relacions entre variables ja són explicatives de quelcom. Això no és cert en absolut. Per una banda existeix la confusió d'identificar “covariància” amb “vinçle causal”, il·lusió de l'intel·lecte que refereix a quan diversos processos o objectes varien temporalment a ritmes sincrònics i/o

s'aplica el criteri de falsació a sobre del fet que contradiu el propi model; és a dir, el fet contradictori passa pel sedàs de la contrastació experimental –tal com ell proposa– molt més que el model teòric. També el fet que una teoria per ser científica ha de presentar elements de refutació està dit amb altres paraules en moltes altres escoles teòriques.

⁹⁸ Segons M. Gándara (GÁNDARA 1987: 9), la raó de la provisionalitat està en la manca de fiabilitat de les dades en funció de teories observacionals que es van desfasant, idea que majorment comparteixo.

comesurables, però sense que per això puguem significar que estiguin interrelacionats causalment⁹⁹.

Més enllà d'aquest problema, l'Estadística en si no ofereix relacions causals, malgrat que molts cops ho aparenti. Això vol dir que fumar no provoca càncer pel fet que hi hagi una correlació estadística entre la gent que fuma i la que té càncer. L'estadística no explica causes, ofereix un model de recurrències relacionades amb una causa. Així mateix, la correlació estadística i el model causal explicat a partir de les variables de l'estudi no negarien altres recurrències possibles amb altres variables¹⁰⁰. La recurrència sense model teòrics que ajudin a interpretar-la no significa res¹⁰¹.

De fet un estudi estadístic dut a terme correctament no està basat només en la detecció d'una recurrència. W. Salmon aporta algunes claus per poder interpretar les recurrències en el seu Model de Pertinença Estadística (SALMON 1971). W. Salmon respecte a l'explicació estadística posa èmfasi en la possibilitat de covariàncies simultànies buides de lligam causal però que prenen l'aparença de tenir-lo. La comprovació estadística es basa en fixar-se en els canvis en la manifestació d'una variable dependent dintre d'una mostra, on la independent amb la qual la relacionem pren un valor donat, i posteriorment mirar com es comporta la mateixa variable dependent dintre d'una mostra on la independent hi és absent. Si el comportament és similar, llavors és que la relació causal entre variable dependent i independent no

⁹⁹ Aquesta mena de confusió causal que pot comportar la covariància és la que molts antropòlegs han vinculat al pensament mític, on per exemple es pot vincular la rosada amb el Sol de matinada o amb la Lluna per produir-se en moments sincrònics. Tot i que el pensament científic no és tan susceptible a confusions d'aquesta mena, val a dir que no està vacunat al 100 per 100.

¹⁰⁰ Respecte al trivial exemple proposat, les causes del càncer de pulmó estarien en els tòxics del tabac, que en unes quantitats donades i en segons quins organismes amb predisposició, alteren el metabolisme de les cèl·lules, les quals comencen a créixer desmesuradament. Així mateix, la correlació estadística no nega altres recurrències possibles del càncer de pulmó amb altres variables –com per exemple la contaminació atmosfèrica– que no s'han tingut en compte en l'estudi concret. Ben segur que un model explicatiu complet de les causes de l'augment dels càncers de pulmó en l'era industrial hauria de tenir en compte altres factors més enllà del tabac, però potser no faria gaire gràcia als gerents i capitalistes de les indústries químiques i d'hidrocarburs.

¹⁰¹ Per entendre això queda molt clar si recordem les relacions causals que hi ha des d'una teoria d'ultradreta entre alts índexs de marginalitat i delinqüència en una zona i la presència de poblacions de minories ètniques o immigrants. Tot i que existís la correlació estadística la pròpia presència de tals poblacions no és la causa directa del fet. La interpretació real és més complexa a la de l'exemple del càncer de pulmó i el tabac, on almenys la relació causal, tot i que possiblement incompleta existia. En el cas actual la relació respon més a l'"efecte" que no a unes causes. La interpretació esbiaixada acaba basant-se en si empram una teoria essencialista –fal·laç– o historicista i sociològica –més analítica i real–. En el món de les CC.SS. de la democràcia "políticament correcta" emprarem la segona teoria per fer la interpretació –menys alguns petits grups de feixistes extraparlamentaris (per a sort del comú) i certs sectors poblacionals–, però aquesta mena de fal·làcies interpretatives són extremament abundants i no gaire detectables si no toquen la fibra candent dels debats socials.

existeix. Aquest sistema de comprovació és molt més consistent contra la covariància, al contrari del de C. Hempel molt susceptible de caure en aquesta fal·làcia causal (HEMPEL 1979). Amb tot, el model de W. Salmon és massa optimista respecte a la Realitat, doncs la seva natura dialèctica implica que tot i que l'estudi probabilístic consideri una relació causal i la detecti, no implica que la relació causal s'acabi allí¹⁰².

Un estudi estadístic no és explicatiu *per se* en els seus resultats, però si fem un bon disseny on seleccionem les variables pertinents –respecte a un fenomen que estudiem– trobarem una sèrie de recurrències que ens ajudaran a la interpretació. Però el fet és que dissenyar processos estadístics és quelcom que la pròpia Estadística no ens ensenya; per a tal labor hem de recórrer a un model teòric previ. Aquest ens remetrà a unes preguntes, però també ens donarà les claus que hem de seguir per obtenir la resposta. Si en la Estadística tot depèn de les variables que emprem en l'estudi, la teoria ens indica els criteris de selecció d'aquestes variables.

Evidentment, d'això s'estén que si el que requerim són explicacions consistentes al 100% –lleis causals tancades– no podem recórrer a l'estadística perquè no està feta per a això. Les relacions que es palesen no són poc o molt inconsistentes, ho són totalment. Altra cosa és que siguin material vàlid per a posteriors models explicatius. D'acord al que dèiem de l'explicació probabilística, que no és completa, el resultat estadístic *per se* no és ni tan sols “explicació”, donat que només és lligat a interrelacions de números triats per nosaltres de la Realitat sense relació causal necessària. En l'explicació probabilista la relació ha de ser real en algun sentit, malgrat que no sigui de forma directa.

Tot allò que per altra banda està dintre del concepte de probabilitat no està relacionat amb l'Estadística. La primera accepció explicada és un subjecte gnoseològic que refereix al poder de coneixement sobre un objecte de la natura, la segona és una eina o mètode que pot ajudar a operar amb el concepte de probabilitat. Tanmateix, l'Estadística no cobreix tot el camp metodològic amb que pot operar la probabilitat, que també pot estar feta en funció de l'elucubració semàntica sobre l'objecte, és a dir valoracions qualitatives on l'Estadística pot operar en quan dóna poder explicatiu a cadascun dels enunciats. Està la pertinença i la semàntica de cada un dels enunciats que conformen el mecanisme d'inferència probabilista, que és anar a parlar de la qualitat de les dades emprades. Per exemple en l'exemple de si Maevius va matar Titus

¹⁰² ...com de fet pot ocórrer en l'exemple del tabac i el càncer de pulmó, on poden haver molts més factors desencadenants no tinguts en compte.

(RAMÍREZ 1989: 97), podem fer-nos una sèrie de preguntes: a) si Maeвиus tenia motiu per fer-ho, b) observar si mostra algun efecte de l'acció, si empal·lideix en parlar del tema, c) buscar signes del succés, com taques de sang, d) descobrir si Maeвиus era prop del lloc del crim, e) trobar testimonis. La certesa, com és fàcil d'intuir, varia en funció de cadascun del tipus de prova, que alhora es pot complicar, i cadascuna de les proves es pot entendre sota el concepte de probabilitat, però sota una potència diferencial. Per exemple, podem donar més probabilitat a c) que no a e), però més a e) que no a b). Per altra banda la resposta a b) de Maeвиus pot estar condicionada per altres factors com el seu caràcter psicològic. Com dèiem, la probabilitat dóna tendències que poden ser emprades com a pistes en la recerca, però no explica causes. Llavors, cadascun dels enunciats ha d'estar recolzat a ser possible en un model explicatiu del per què de la tendència estadística, així com també a ser possible de la causa de les excepcions – l'“error” com a terme estadístic– que trobem¹⁰³.

2.2.2 Observació i inferència.

El debat sobre els límits de l'observació, que en certa forma pot anar de la mà del debat sobre els límits del coneixement, pot ser enfocat des de diverses perspectives. Hi ha un límit epistèmic sobre l'objecte d'estudi que és degut a que hem de centrar el nostre estudi i les nostres hipòtesis sobre l'objecte. I hi ha per altra banda un límit històric, el qual es va renovant en cada moment.

Per plantejar de què es tracta aquest segon límit, la perspectiva que considero més immediata és la dels límits tècnics i metodològics del moment històric concret, que és referir als límits que traça el desenvolupament dels mitjans de producció en una societat per a la creació de nou coneixement. Evidentment la resposta ja es donada, aquesta limitació social se supera de la mà del desenvolupament dels mitjans de producció en la societat que crea coneixement. En certa forma, part d'aquest desenvolupament està relacionat amb el propi desenvolupament del coneixement.

¹⁰³ Com a prescindible però entenedor apunt, vull remetre aquesta referència històrica. L'estadística es desenvolupa com a eina de l'Estat Absolutista durant el segle XVII i XVIII. Des del seus inicis ha estat relacionat d'una forma o altra a les CC.SS., emprada com a eina de l'Estat per gestionar el govern de les poblacions al seu càrrec. Així mateix, trobem moltes estadístiques que es plantegen i es presenten d'una forma molt concreta com per pretendre reflectir “quelcom” falaç. Podem afirmar, sense por a ser acusats de paranoics que veuen conspiracions arreu, que l'eina estadística en si no és en absolut neutra; ans al contrari...

Aquesta és una visió que els antropòlegs anomenen “*out*”, fora del subjecte i de les seves emocions i consciència. Val a dir que acadèmicament la qüestió dels límits del coneixement no es viu en tant que optimisme respecte al futur; ans el contrari, hi ha un cert índex d’“angoixa intel·lectual” que dóna palla a debats epistèmics ben vius.

Fruit del propi desenvolupament científic, l’observació i la inferència científica esdevenen cada cop més difícils. Quan més s’avanci més s’arriba als límits d’allò que es pot inferir per observació directa; “directa” en tant que és gràcies a les percepcions –així doncs, incloent “interpretacions”– immediates dels sentits i la ment. Les primeres lleis científiques es van elaborar per a l’observació de fenòmens que avui en dia fins i tot considerariem trivials. Per exemple, les forces que actuen en la trajectòria i caiguda d’un projectil poden ser comprovades experimentalment a partir d’una observació sensorial directa, sense suport d’aparells complexos i confiant en la nostra raó immediata.

La observació i la inferència indirectes serien un pas més endavant. La comprovació ja no és experiencial, ni hi ha experiments possibles a desenvolupar per a la comprovació del fet concret que s’infereix de forma completa. Operem llavors mitjançant imperatius lògics i mecanismes de raonament més complexos, recolzant-nos en lleis de probabilitat d’un fenomen fora i dintre dels nostres models plausibles. Seria el cas de la deriva de les plaques, ja que difícilment s’observa el moviment de les plaques a gran escala; amb tot hi ha proves indirectes que poden apuntar a la versemblança d’aquesta teoria, com serien els terratrèmols, fòssils d’animals marins en alta muntanya, la baixa probabilitat que la coincidència entre els perfils d’Àfrica i Sudamèrica siguin casuals... Les teories darwinianes són extretes més aviat d’intuïcions personals que no d’evidències reals que l’evolució de les espècies és arran de la selecció natural¹⁰⁴. Arribats als límits dels sentits i la raó més immediata, cal trobar altres mecanismes d’observació, tecnologia i mètodes que permetin obtenir dades indirectes, així com mecanismes lògics d’inferència més complexos. En la història de la ciència dels darrers temps, l’imperatiu lògic dels fets ha estat un mecanisme més útil per crear

¹⁰⁴ Les proves de la deriva continental i de les teories darwinianes posteriorment ja van ser molt més rotundes, però actualment s’ha de reconèixer que en el moment en què es plantegen foren molt més especulatives. En el cas de la teoria de la selecció natural també paga la pena tenir en compte la seva analogia amb les tesis liberals que fonamentaren el lliure mercat capitalista, tant en boga en el context històric que va viure Darwin: l’Anglaterra del XIX. ¿Fou una generalització de les tesis econòmiques la que va inspirar C. Darwin a creure que la natura era com una mena de lliure mercat de bèsties i plantes?

coneixement que l'experiència dels fets, fins arribar al punt que l'experimentació "experiencial" comenci a fer-se impossible de desenvolupar¹⁰⁵.

Els mecanismes de desenvolupament haurien de ser llavors uns altres. Però llavors, també per ser honestos, hauríem de renunciar a construir models tancats de la Realitat –basats en generalitzacions excessives, inversemblants i inoperants– a partir dels nostres raonaments. En altres paraules, hem d'evitar construir lleis categòriques unilineals sobre un fet i per contra crear models on davant d'un fet tinguem una sèrie d'hipòtesis plausibles, les quals es confirmaran o no depenent de tot un seguit de condicions. Tanmateix, sembla que hi ha una part del món científic obsessionada per tornar a aquell món de lleis generals tancades i rodones –les quals eren certes amb moltes precaucions¹⁰⁶– i que senten un terrible malestar quan es troben amb fets que han fet palès els avanços revolucionaris en el coneixement del món des d'una perspectiva ontològica –com per exemple la manca de similaritat entre les lleis del microcosmos i les del macrocosmos¹⁰⁷–. Ens hem d'armar llavors contra el perill de l'exigència d'un empiricisme extrem que juga amb veritats establertes, quan en realitat el que fa és jugar amb idees –conceptes– antiquats. És la trampa idealista de la fe cega en les observacions convencionals, un empiricisme extrem que ens podria fer caure en la vulgaritat de creure que la Terra és plana.

Com ja apuntava anteriorment, la inferència indirecta no està només relacionada amb el procés d'observació que recolza la percepció humana, sinó que també amb els mecanismes lògics d'inferència. Necessitem lleis dialèctiques, que descriguin un món on intervenen múltiples agents en interacció. Això no implica que *per se* la Lògica Dialèctica eviti la possibilitat de l'error científic. Com a mètode de raonament pot ser font d'error el fet que les variables que inserim en el procés no siguin les que actuen en

¹⁰⁵ Evidentment, el concepte clau que en aquest punt pot causar debat (fins i tot malestar en la ment estreta) és de "imperatiu lògic", el qual per definició no pot ser univoc i depèn en gran mesura de la teoria de la qual partim, però fins i tot dintre d'aquesta poden haver discrepàncies i alternatives. Aquesta "relativitat" de l'"imperatiu" no ens ha d'amoïnar per la pròpia natura provisional del coneixement. El fet és que actualment moltes disciplines com la cosmologia i la física quàntica es mouen creant models elaborats a partir d'"imperatius lògics"... i molt a sovint falta que siguin acceptats per tots.

¹⁰⁶ Per exemple, és molt usual posar com exemple de llei rotunda en llibres de text per nens que l'aigua bull a 100°, oblidant que hi ha altres factors que també influeixen en aquest fenomen (per exemple, la pressió atmosfèrica relativa).

¹⁰⁷ El comportament excèntric dels electrons és una mostra d'aquest fet; es comporten com ones o com partícules en diferents circumstàncies. Aquesta "contradicció" de la Realitat –que de fet sols ho és dels nostres conceptes "ona" i "partícula"– tot i tenint la sortida honesta de quedar-nos en l'evidència, acceptar-la i emprar-la com coneixement útil –el coneixement de quines són les circumstàncies en què es dona cada estat– sembla que hagi fet tremolar el terra sota mils de ments pensants.

el fenomen real. Com a mètode de raonament és una eina d'anàlisi, com a eina d'anàlisi és un instrument que podem emprar per crear coneixement i que només ens assegura una correcció dels mecanismes lògics en quan són comesurables amb el món –altra cosa serà que dintre de la bateria de sil·logismes possibles triem aquells que en ajudin a representar amb correcció el funcionament del fenomen–. Dissenteixo com recolzen alguns autors marxistes (per ex. WOODS, GRANT 1995: 394-395; T.O. 1991) que la dialèctica sigui materialista *per se*. Pot ser que el mètode de lògica estigui basat en les relacions reals dels objectes en la realitat, però des del moment que els conceptes amb que es jugui els posem nosaltres i nosaltres puguem introduir conceptes abstractes – ideals– les relacions que construïm entre objectes seran fal·làcies idealistes. A banda, en tant i en quant el mètode és lògic, és ideal en darrera instància i com a tal manipulable a la gràcia i interès de cadascú. Només com a mètode de raonament pot ser més vàlid, però això no atorga validesa automàtica a les conclusions que mitjançant ell es treguin.

Amb el desenvolupament del coneixement científic també han crescut les aspiracions que tenim sobre els models explicatius que anem elaborant, fet que va lligat a que cada cop exigirem mesures i observacions més acurades sobre els objectes de la Realitat¹⁰⁸.

Tot plegat, en aquest procés d'acumulació de coneixement i de precisió en la mesura dels objectes –comportant concepcions i representacions del món més exactes–, ens adonem que les mesures de què abans disposàvem eren tosques, tot i que suficients, i les concepcions dels objectes molts cops errònies totalment. Quan més coneguem un fenomen, més coneixement tindrem de les variables múltiples que hi actuen i més exigència per a la seva mesura serà necessària, la qual serà més difícil i exigirà més detall. A part, necessitarem un corpus lògic més complex per crear un model de la interacció entre totes les variables. Tot i que presentat d'aquesta forma sembli un procés desesperant, l'aproximació a l'objecte és més acurada.

El procés històric de desenvolupament científic i dels mitjans de producció socials dels humans ha nodrit l'observació científica de tota una sèrie d'eines de suport ara com ara ja imprescindibles per fer operativa la investigació. Per estudiar bona part dels fenòmens que són interès de la ciència s'empren instruments d'aquesta mena: microscopis, telescopis, filtres d'infrarojos i ultraviolats, sincotrons,... Això comporta

¹⁰⁸ Això té a veure altra volta amb el desenvolupament dels mitjans de producció i d'un teixit productiu que demana més precisió; és el canvi de la necessitat de càlcul de la trajectòria d'una bala que es feu al Renaixement i de la necessitat de míssils intel·ligents a la guerra del segle XXI.

que moltes de les inferències subsegüents a l'observació siguin fetes de forma indirecta. En anàlisis de traces d'ús es va des de les lupes i microscòpis òptics a microscopis làser i electrònics de escaneig. Hom em pot discutir que en el cas d'ús dels microscopis l'observació és directa, donat que en darrera instància “fem anar” els ulls per identificar allò que veiem a través de les lents; però considero que dos fets recolzen que l'observació és indirecta. El primer i evident és que sense l'instrument no podríem accedir a observar l'objecte en qüestió –la superfície d'una pedra ara–; el segon, més important, és que la imatge que veiem a través de les lents està per una banda deformada i per l'altra és parcial respecte a la totalitat de l'alteració d'ús present en l'objecte –fet que obliga a un escombrat del tall i a un enregistrament de l'alteració d'ús–. Tot plegat, cal una interpretació d'allò que es veu, la qual com ja esmentàvem s'aprèn¹⁰⁹.

A part d'observació indirecta, en anàlisi de traces d'ús s'empra un mètode d'inferència indirecte, doncs la relació entre l'ús i el seu efecte que nosaltres observem és *a posteriori* del fenomen observat, amb la qual cosa la cadena causal que genera les alteracions d'ús no s'evidencia unívocament. Només l'Experimentació ens actualitza aquest procés, i diguem que d'aquí sorgeix la imperativa necessitat de desenvolupar-la en la nostra disciplina.

2·2·3 Teoria de la Visió: Observació i Percepció.

Considero imprescindible tractar el tema de la Visió donada la confusió en què recurrentment s'acaba caient entre els conceptes d'Observació i Percepció. En excés, a sovint considerem la visió com a un mecanisme objectiu infal·libre, el qual aporta informacions que assumeixen la màxima objectivitat assolible. Podem reconèixer les confusions de *divertimento* que nombrosos psicòlegs ens plantegen respecte als errors que incorrem quan calculem proporcions o la intensitat de la llum en imatges visuals¹¹⁰, però això no ens inquieta summament.

El propi concepte d'imatge és molt més complex del que generalment som proclius i capaços de reconèixer. Mentre que quotidianament tenim la imatge com

¹⁰⁹ Sobre aquest particular tracto en el subcapítol 1·1·3, per la qual cosa no insistiré en desenvolupar de nou les meves idees al respecte.

¹¹⁰ Si el lector no sap a què em refereixo (i ara s'avorreix una mica) li suggereixo que faci un tomb per aquesta entrada de la Wikipèdia: http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_illusion

pràcticament la realitat mateixa –si no ho féssim perdríem operativitat en la nostra relació amb el Món–, val a dir que està ben lluny de ser-ho.

La confusió s'estén en quan sentim parlar de “Percepció Artificial” per computador, o Tractament d'Imatges Digitals, o qualsevol altra cosa que refereixi a reconèixer estructures a partir d'una imatge visual. Per desconeixement assumim que totes aquestes tècniques han de funcionar de forma prou analògica a com ho fa el mecanisme biològic humà. La realitat és que tots dos mecanismes funcionen de forma força dispar. L'única equiparació que es pot assumir és que tant en la imatge digital com en la imatge percebuda pels nostres sentits de visió ocular treballem amb models de la Realitat construïts a partir de dispersions de llum reflectides sobre els objectes, perfilant-los així fins que arriben al mecanisme de captació lumínica. Així, tant en la visió artificial com en la biològica emprarem la mateixa font d'informació per extreure les dades amb les quals treballar.

Malgrat tot crec que seria més que positiu –per evitar confusions i també per entendre què serà allò que tractarem i treballarem– de presentar com és el procés de percepció humà i llavors, més tard, contrastar-lo amb el mecanisme de funcionament computeritzat. Així, intentarem veure quines són les diferències entre tots dos d'una manera un tant més detallada.

Abans de parlar de percepció ens ha estat imprescindible, ineludiblement, el fer referència a l'observació. Quan abans m'he referit a observació ho he fet entenent-la com “observació científica”, malgrat que fer referència a aquesta ens porta a parlar en algun moment de la percepció des de la seva vessant més purament biològica.

El problema de la subjectivitat de l'observació comença per la natura de la sensació. L'observació té en la seva base la sensació i podem entendre aquesta com limitada pel que fa al seu caràcter de mitjà de captació de la Realitat, així com també subjectiva en la seva forma de desenvolupar-se, sent múltiples els factors que defineixen un aspecte i altre. Els nostres sentits són mitjans biològics de captació d'aspectes externs de la Realitat que ens permeten fer-nos una representació mental –per tant ideal– d'aquesta, de tal forma que ens sigui suficient per permetre'ns desenvolupar-nos biològicament en aquesta pròpia Realitat. Com es pot veure tot és de caràcter molt funcional, cosa que no implica netament cap sentit finalista.

La valoració que subjectivament atorguem a la sensació és construïda a partir de la generalització i abstracció dels estímuls exteriors. Aquests processos permeten per una part distingir entre diferents tipus de sensacions, però la implicació més rellevant d'això està

en el llenguatge de representació de la Realitat que estructura la sensació, mitjançant la reacció enfront l'exterior que dona l'estímul. En altres paraules, els colors que veiem no estan en la Realitat com a tals, sinó que són una representació subjectiva i biològica feta a partir de la captació de diferents intensitats de llum. La forma en què es presenta la sensació no és equiparable a la pròpia Realitat que representa¹¹¹.

Aquest sentit de “subjectivitat”¹¹² i de limitació encara s'extrema més en quan aquell feix de longituds d'ona de radiacions electromagnètiques que els nostres mecanismes òptics són capaços de captar estan en un interval estret de tot el feix de longituds d'ona que conformen el total les radiacions electromagnètiques. Estrictament diem llum a aquest interval humil que nosaltres podem arribar a “sentir”¹¹³.

Tot això implica, respecte a la representació visual, dos fets obvis que ens interessin pel que fa a la temàtica d'aquest treball: (1) la limitació pel que fa a representació de la Realitat que comporta la imatge captada i (2) el seu caràcter subjectiu. Aquests dos fets –problemes– incrementen la seva gravetat en quan l'observació passa a ser netament “Percepció”.

Les percepcions es poden entendre com el resultat del pas de totes les sensacions pel filtre del pensament, dels coneixements previs, concepcions, prejudicis i tots els elements que conformen els mecanismes mentals o psique humana. Les sensacions passen de ser un material “neutre”¹¹⁴ a un conjunt d'elements agrupats, els quals adopten significat per la seva pròpia forma en associar-se a les formes dels altres elements del propi conjunt.

¹¹¹ No és gens agosarat afirmar que allò que veiem de la realitat no són “cossos”, sinó que la llum reflectida sobre la seva superfície.

¹¹² Entre cometes, donat que és “subjectivitat” certament compartida en gran mesura per la major part d'éssers humans, però mai totalment. Tanmateix, i com més tard desenvolupo, la Percepció ja és netament subjectiva, en tant i en quant a partir de l'*input* aportat per les sensacions –similar en la major part d'individus de l'espècie, tot i que amb reserves–, la imatge final és un constructe mental que depèn en gran mesura de l'individu.

¹¹³ Exactament l'interval de radiacions electromagnètiques que som capaços de captar –és a dir la llum– està entre 3600Å (violeta) i 7800Å (roig). (Å = abreviació de *ångström*; unitat de mesura emprada per a les radiacions electromagnètiques visibles). Val a dir que la captació d'aquest interval de radiacions electromagnètiques per part dels nostres mecanismes biològics no és un caprici natural: la llum representa tota una sèrie d'ones electromagnètiques que interactua amb els objectes materials en la seva mateixa superfície. Llavors si enregistrem aquestes ones podem tenir una informació cabdal sobre la localització dels objectes amb que interactua, objectes amb els quals –sent materials com nosaltres–tenim potencialment la possibilitat d'interactuar de tal forma que ens condicionin la nostra supervivència.

¹¹⁴ Remeto a la nota 111 per entendre els matisos que vull implicar amb les cometes.

Tot aquest procés, que en certa forma aquí es presenta desglossat en parts, el trobem plenament integrat en la Realitat. Podem dir que, en lloc d'“observar”, “percebem” directament. No és la qüestió que la Percepció es doni en un moment avançat de desenvolupament de l'Observació; l'observació de nous objectes inconeguts estarà condicionada des del moment que s'associen aquests objectes a d'altres coneguts vistos en el passat, en funció d'allò semblant/diferent que nosaltres creiem significatiu en tots ells¹¹⁵. També seria absurd intentar trobar ara el moment del salt cognitiu en què es passa de la Percepció a l'Observació, si és que en realitat aquest moment existeix o si és primer l'ou que la gallina. Pretendre aquesta troballa seria caure en una trampa idealista intolerable.

És fàcil adonar-se que en tot aquest procés el grau de subjectivitat amb què es carregarà la representació de la Realitat serà cada cop més fort. És en el procés de percepció on realment atorguem els límits als objectes; on construïm un “espai interior” –malgrat que nosaltres l'exterioritzem i objectivem– a partir de l'organització dels elements que nosaltres discriminem¹¹⁶. En la Percepció ja no hi ha simplement la captació de l'entorn sota uns paràmetres, sinó que s'afegeix la consciència i la comprensió d'aquest, les quals en certa forma no deixen de ser una sensació subjectiva. Aquest “donar sentit” a l'entorn –Percepció– és òbviament condicionat en gran mesura per l'entorn social del subjecte; les percepcions contenen judicis que en bona mesura han estat apresos i assumits de l'entorn circumdant mateix. Malgrat tot, la Percepció –en darrer terme i en la seva realitat– mai deixa de ser una vivència de caire plenament personal i subjectiu.

¹¹⁵ Per il·lustrar aquestes afirmacions a nivell de coneixement arqueològic sols caldria recordar la càrrega de subjectivitat inserida en l'elaboració de les tipologies bordesianes. L'apel·latiu dels objectes inconeguts –el qual implica una associació funcional d'aquest– es du a terme a partir de suposicions personals i subjectives de l'investigador que són prèvies a la classificació. L'investigador observa unes característiques formals diferencials que associa a una formatització de l'objecte en funció de la finalitat productiva que se li pretén adjudicar a aquest, a partir d'allò que l'investigador creu que són característiques idònies d'un instrument per a ser suport òptim per a desenvolupar una tasca. Allò que pot ser una bona hipòtesi de treball passa a ser una asseveració rotunda i apriorística. L'abast de les subjectivitats és encara molt més ampli un cop es comença a desenvolupar l'anàlisi a partir del model tipològic, en quan es fiquin dintre del mateix o diferent calaix de tipus suposats instruments a partir de distingir les característiques clau en diferents casos.

¹¹⁶ Commino a no confondre les meves afirmacions amb els excessos donats des de la literatura post-moderna en quan fa referència a què és l'Espai. L'Espai, independentment de com nosaltres l'entenguem i l'organitzem cognitivament i idealment, té una entitat real pròpia que és a fi de comptes la que condiciona en primer i darrer terme la concepció que d'ell tinguem. Més enllà d'això, podem arribar a afirmar que d'aquest espai real independent a la nostra percepció en formem part plenament, malgrat que les nostres pròpies percepcions ens vulguin fer creure que som un element discriminat d'aquest.

Els esquemes conceptuals amb els quals juguem per poder classificar els objectes a partir de les seves morfologies i aspectes són en gran mesura apresos. Són aquests esquemes conceptuals els que possibiliten la comprensió en la Percepció. Llavors se'ns planteja una altra qüestió: si els conceptes són constructes mentals d'elements de la Realitat, idealitzacions d'aquesta, ens cal llavors assegurar que el concepte s'adapta en gran mesura a la Realitat. Anteriorment en el text ja parlava sobre aquest problema, però ara veiem com es relaciona amb la Percepció. Si la Percepció juga amb conceptualitzacions errònies de la Realitat, la Realitat percebuda serà falsa. En el millor dels casos de no ser falsa, serà transcrita a la ment del perceptor sota una codificació conceptual subjectiva que tot i ser real només entendre ell. Recordem que perquè un coneixement pugui ser considerat com a científic ha de complir el requisit de ser transferible; llavors entenem que podem exigir de crear un llenguatge comú a l'hora de codificar les percepcions –crítica que en el present escrit faig a bona part del coneixement acumulat en els estudis de traces d'ús, doncs considero que majorment no ha assolit la creació d'un vocabulari descriptiu unificat.

Arribats a aquest punt, m'agradaria centrar-me en una percepció concreta, que donada la temàtica d'aquest treball és la que més ens interessa: la Percepció Visual. Tot el que en general s'ha dit fins ara de la Percepció és totalment aplicable a com podem entendre la Percepció Visual, però aquesta té les seves especificitats. La primera, molt òbvia però que considero ineludible, és la de que la Percepció Visual nodreix a un ésser humà més del 80% d'informació referent a l'entorn del total que processa. Aquest aspecte és important remarcar-lo per dues raons: en primer terme, la dependència d'aquest tipus d'informació que tenim com a espècie i, en segon terme, el desenvolupament de mecanismes visuals cada cop més perfectes –els quals atorguen a aquesta informació una qualitat ben alta; qualitat valorada en tant que fiabilitat operativa sobre la realitat que reproduïx–. Un fet i l'altre ens aboquen a objectivar aquestes percepcions fins al nivell de confondre el model reproduït amb la realitat mateixa; això, tanmateix, pot esdevenir un error quan es passa al nivell de les implicacions gnoseològiques. Sempre atorguem major validesa a la informació de caire visual que a qualsevol altra que rebem¹¹⁷. La nostra decepció serà gran en quan veiem com es desenvolupa la mecànica real dels mecanismes de Percepció Visual.

¹¹⁷ El poder de convicció dels mitjans audiovisuals d'informació està basat majorment en aquest fet. Una informació emesa pren pes de certitud en recolzar-se amb unes imatges de fons sobre el contingut textual, que de fet passa a un segon terme perceptiu. D'aquesta forma, qualsevol notícia evita el mínim

La concepció que des de les ciències, principalment biològiques, se'ns ha inculcat en referència als nostres mecanismes de percepció visual és més que auto-complaent. La nostra espècie passa per ser una de les que disposa d'uns mecanismes més perfectes de percepció visual. Per una banda, la posició dels ulls enfront el pla de la cara ens permet posseir el que se'n diu visió estereoscòpica; la visió en 3D. Per altra banda, els mecanismes de cons i bastonets de la retina permeten la visió en color, que ens permet discriminar formes entre i dins els cossos percebuts d'una forma més nítida. La conformació del globus ocular, així com de totes les seves parts i anatomia, permeten també la possibilitat de captar imatges d'una nitidesa alta, tan de lluny com de prop amb un simple enfocament dels ulls. Referències d'aquest tipus respecte l'excel·lència dels ulls humans són abundants en la literatura més bàsica des de l'educació primària.

El primer error de totes aquestes concepcions rau precisament en entendre el fenomen de la percepció humana com una qüestió d'"ull", quan més aviat la percepció humana és una qüestió mental. La famosa visió en 3D, malgrat que un imperatiu biològic perquè es doni siguin dos ulls posicionats d'una forma concreta, és una sintetització que els nostres mecanismes cerebrals fan a partir de la informació rebuda a partir de dues entrades d'informació lumínica presa des d'angles diferents.

Però anant més enllà, fins i tot en aquest aspecte, la visió 3D –la qual nosaltres creiem que reflecteix el posicionament real dels objectes en l'espai real– és falsa. La forma en que aquesta tri-dimensionalitat es concreti en la nostra ment com a imatge –idea– dependrà de la proximitat i posició dels ulls en el rostre –que en cadascun dels humans es lleument diferent– així com també de la compensació entre la visió d'un ull i un altre –que provocarà que la informació que aporti un ull i l'altre sigui de major o menor qualitat, actuant així sobre la sintetització resultant de les dues imatges–. La "tercera dimensió" és una sintetització virtual a partir de dues imatges dissociades feta en funció de factors que no tenen en compte si reflecteixen la Realitat o no. Simplement la "tercera dimensió" és un regal de la nostra ment. És per això que autors com D. Marr arriben a negar que veiem en tres dimensions, per passar a dir que sols ho fem "dues dimensions i mitja" (MARR 1985). Destaquem els objectes a nivell relatiu respecte el seu fons i, més important, respecte a nosaltres. I ens familiaritzem a la manera que som capaços de fer-ho a títol individual, però d'això a dir que els objectes percebuts estan allà on els veiem hi ha un salt il·legítim.

qüestionament, i àdhuc permet no preocupar-se tant de la seva importància real. Cal reflexionar sobre quantes informacions falses se'ns fan passar com a certes emprant aquest sistema de propaganda.

Tampoc ara la intenció meua serà de negar l'atansament a la Realitat que ens permeten els sentits i negar el valor de la informació que aquests ens permeten extreure per entendre la Realitat. Simplement, allò que vinc a dir –a part d'intentar ficar al seu lloc el valor de les informacions aportades pels sentits– és que la Percepció és majorment un procés mental i no tant sensitiu. Podem afirmar així que la imatge que veiem –l'“espai” més adientment expressat potser– no està en absolut en els ulls, està dintre de la nostra ment i per res del món està “allí fora” de la forma que nosaltres el veiem. Aquest també és un dels grans errors de la nostra concepció sobre el nostre sentit de la vista¹¹⁸.

El fet que la percepció visual sigui un procés bàsicament mental porta conseqüències contra els altres aspectes que exalçaven els nostres ulls –entenent-los erròniament com els mecanismes de visió–. La visió en gama de colors resulta ser més important per l'amplitud de l'interval de diferències lumíniques que permet distingir que no pel fet de ser d'aquesta mateixa natura; seria així igual de apta una visió en escala de grisos però que permetés distingir entre una gama igual d'intensitats lumíniques. I el fet de distingir entre diferències lumíniques és més el resultat de processos mentals que no estrictament òptics; la gama de colors que podem distingir dependrà més dels colors que apareixen naturalment en l'entorn habitual i de les necessitats dels individus en qüestió que no del propi mecanisme òptic –l'ull– en si mateix¹¹⁹.

Que la visió en color permeti la discriminació d'estructures amb una major facilitat que no una visió en escala de grisos, dit així, és una proposició falsa. L'avantatge real rau en l'amplitud de l'interval d'intensitats lumíniques que permet captar i, sobretot, distingir. Així, també podríem dir una cosa semblant sobre la nitidesa de visió que permet assolir l'estructura de l'ull humà. La nitidesa¹²⁰ en la visió òptica permet distingir estructures –cossos– amb una major facilitat, però el seu defecte pot ser compensat per allò que s'anomena “agudesia visual”; capacitat perceptiva que és

¹¹⁸ També hauríem de recordar que la informació lumínica arriba al fons del globus ocular “a la inversa”. Només cal que recorrem a qualsevol llibre de fotografia bàsica per saber a què em refereixo. Són també mecanismes cerebrals el que rectificuen la imatge i la disposen “dreta”.

¹¹⁹ Per referències al tema veure (VV.AA. 1978: 233-240; MARR 1985).

¹²⁰ La nitidesa es pot equiparar a la “resolució” en termes d'imatges digitals, però val a dir que els mecanismes que provoquen una i altra no són gaire equiparables. Tornarem a tractar sobre això més endavant.

independent de la nitidesa en la visió ocular de l'objecte i que ajuda a distingir entre les estructures percebudes.

Pot resultar sorprenent, però per moure's amb una mínima normalitat a nivell social i biològic no cal que la percepció del nostre entorn circumdant assoleixi unes quotes de versemblança gaire altes. R. Gregory descrivia el mecanisme de percepció partint del cervell, que transforma allò que ell anomena "patrons" en representacions dels objectes a partir d'un sistema de formulació d'hipòtesis. El cervell, sobre la base del patró, planteja la hipòtesi sobre quin és l'objecte a què correspon tal patró. El cervell tria una hipòtesi –interpreta– i comprova com s'adequa en funció de la percepció següent¹²¹. Com podem comprovar, el procés no és basat en un funcionament clarament lògic i com es pot pressuposar l'adequació de les hipòtesis dependrà de l'experiència anterior de l'observador; és a dir, de les vegades que anteriorment hagi vist l'esmentat patró o similars. Com es pot suposar, un mètode tal no ens resulta ni útil ni vàlid en quan vulguem realitzar una observació de caràcter estrictament científic.

La Teoria de l'Interaccionisme desenvolupada per Rescher dóna una explicació dialèctica a la dicotomia Ment i Realitat a partir de la seva interacció en el procés evolutiu. Dóna explicació al fet que allò que la ment percep sigui comesurable amb coses que en efecte existeixen en la Realitat (RESCHER 1987: 98). Tanmateix, això no és tal com s'expressa. La nostra ment està adaptada per a un tipus de judicis immediats i operatius cara a una supervivència caçadora-recolectora. Té tendència a crear categories analítiques i atorgar-les entitat de Realitat. En conseqüència, cau en trampes idealistes sobre la Causalitat, les quals el menen en molts casos a fer ús d'un pensament mític. En definitiva, la ment humana no està preparada *per se* a pensar de forma científica si no és sota certes condicions socials, històriques i particulars.

Com podem sobreentendre, aquest mecanisme biològic –considerat com a instrument d'anàlisi– no permet implementar un mètode objectiu d'observació-percepció que ens recolzi per dur a terme quantificacions gaire acurades dels objectes –a no ser que emprem per a aquesta fi instruments de mesura concrets en cada cas–. La determinació que es fa de l'entorn a partir de l'Observació, detectant amb els sentits els moviments ocorreguts en la Realitat, és simplement de caire qualitativa. No és això menyspreable de cap manera, sols és que científicament ens resulta insuficient. A part, el procés natural de creació de coneixement implica, en si mateix, que quan arribem a

¹²¹ Extret de (VV.AA. 1978: 139).

disposar d'un volum donat de coneixement qualitatiu acumulat estem en condicions de fer el salt a la quantificació dels fenòmens observats, els quals prèviament havíem determinat de forma qualitativa. En això es basa, com sabem, l'avanç de la Ciència.

La quantificació és allò que ens permet fer una representació versemblant de l'objecte i/o fenomen molt més enllà de la determinació de les seves formes i ens permet –encara que no necessàriament– la superació de la subjectivitat en la descripció dels objectes i fenòmens observats.

Podem entendre la descripció com la darrera fase del procés d'observació, compostat prèviament per la percepció i el reconeixement de característiques. Que la descripció sigui objectiva depèn del tipus de llenguatge de representació emprat; qualitatiu –arbitrari i subjectiu en certa major o menor mesura– o bé quantitatiu –on les característiques són representades sobre valors numèrics clarament objectivables–. Respecte a la representació també hi ha més coses a discutir, les quals rauen en l'adequació descriptiva de les dades a l'objecte; és a dir, que realment informin de la característica a la que fan referència. També en aquest dilema s'inclou l'adequació en l'elecció de la font de dades. Malgrat que l'observació encara és present en el procés de mesura, sempre ens ajudem per dur-la a terme d'algun tipus d'instrument o mètode¹²².

2·2·4 El problema de les categories.

El problema de les categories és el principal dilema que ens trobarem ineludiblement en quan tractem en la Realitat. I. Kant, un idealista paradigmàtic, distingeix entre conceptes empírics i conceptes purs o categòrics; els primers referint-se a coses concretes de la Realitat i els segons referint-se a abstraccions sobre la pròpia Realitat. Es continua estèrilment en la dicotomia Matèria i Forma heretada des de Plató i que enfonsa les arrels en la filosofia grega. I. Kant cau en la constant trampa idealista, en la qual considera que certs objectes de la Realitat són més empírics que altres, simplement perquè la seva presència material ens permet tenir sobre ells una percepció immediata. Després ja són les idees abstractes...

¹²² També podríem afegir aquí la importància de l'Experimentació en la determinació de fenòmens, doncs amb ella podem controlar qualitativament i quantitativa aquelles variables que nosaltres creiem que conformen la natura d'un fenomen o objecte donats. Des d'aquest punt de vista, es pot considerar l'Experimentació com a un instrument de mesura ben útil del tipus a què fem referència.

Fico això com exemple del típic error, heretat posteriorment pel positivisme, que considera la dada com objectiva *per se*. El problema de les categories no és cap altre que el problema del coneixement més general, la comesurabilitat del discurs –semàntica i sintaxi– amb l’objecte sobre el qual versa. El problema de les categories és tocar la vessant més semàntica¹²³. En una anàlisi semàntica es pren una perspectiva on l’adequació empírica dels conceptes té molt de pes; jo diria que el principal. És necessària en quan només recolzar-se en una anàlisi sintàctica dels discurs permet un desplegament de la fal·làcia camuflada en la correcció lògica de les proposicions¹²⁴.

És molt matusser pretendre fer una distinció entre conceptes a partir de si descriuen un objecte amb entitat material de la Realitat o bé si es refereixen a abstraccions pures i dures de no-observables. Si creiem que amb les primeres entitats ens errarem menys a l’hora de conceptualitzar-les per la qüestió de la seva immediatesa sensorial estem ben equivocats. La clau està en l’experiència sensorial subjectiva –que és la base de l’enteniment posterior–, però també en la pertinència de la informació enregistrada a partir dels *inputs* aportats pels sentits per a l’elaboració de conceptes operatius científicament –és a dir que permetin la distinció de l’objecte com a particular dintre de la realitat global on s’insereix i què és objecte d’estudi–.

A partir d’aquestes valoracions teòriques i un cop acceptada i reconeguda la natura ideal de la “categoria”, la filosofia i epistemologia ens donen unes quantes claus per dur a terme aquesta labor.

La tasca tampoc consisteix en crear categories que responguin sempre a entitats reals. És llavors una mica ingenu pretendre que la solució està en la creació d’una “classificació natural” a l’estil d’allò que planteja H. Putnam (PUTNAM 1983: 71). La cosa consisteix en l’ús de “*natural kind words*”, entenent-les com paraules que representen objectes naturals amb entitat real, amb un criteri d’extensió determinats pel propi objecte i no de forma subjectiva i prèvia. Això, resultant molt bonic a les oïdes i sent absolutament desitjable, és impossible de dur a terme, doncs obliga a l’ús d’una sèrie de criteris de pertinència i adequació conceptual que ens tornen a portar al punt de

¹²³ Què se’n podria extreure d’una anàlisi semàntica (ESTANY 1993: 198) de la teoria/es general/s de les anàlisis de traces d’ús? Una tècnica que s’estructura a partir de cadenes lògiques, les quals a la seva vegada es construeixen a partir de conceptes absolutament analítics, i que té el criteri de “Veritat” recolzat en com aquests serveixen per la correcta classificació d’un conjunt d’*ítems* –instruments– dintre d’unes categories –usos possibles–. En definitiva, un joc de paraules més o menys útil.

¹²⁴ Les teories racials –i/o racistes– són un exemple d’estructura lògica perfecta. S’ha comentat llargament la freda coherència dels discursos nacional-socialistes i de les teories racials del XIX, recolzades en bona mesura amb l’extrapolació falaç del darwinisme a les societats humanes.

partida de la subjectivitat i dels límits del coneixement. Per altra banda i no menys important, elaborar categories que siguin simplement analítiques és un procediment molt vàlid si allò que pretenem és que serveixin per classificar un conjunt de població amb la finalitat de fer-lo operatiu en el nostre estudi. Allò que sí que hem de fer és oblidar-nos de donar-los entitat òntica, reconeixent-los com allò que són. En anàlisis de traces d'ús aquesta confusió s'ha repetit eternament, fet que bàsicament enllaça amb l'oblit de la idea de "procés". Les categories descriptives apareixen de la nit al dia en una superfície lítica com a distingibles i s'oblida que moltes d'elles ben segur són l'expressió quantitativa diferencial d'un mateix fenomen —expressió diferencial que té molt a veure en l'esdevenir temporal de la traça—. Les categories analítiques poden ser útils per classificar, però són bastant buides de poder explicatiu si sobre elles no apliquem una teoria del per què de la seva variabilitat, la qual contempli que puguin ser entitats que responguin a un mateix procés formatiu de caire dialèctic. En conseqüència, sí que podem afirmar que les categories analítiques són de base ideal.

Per altra banda, la confusió existent en anàlisis de traces d'ús entre els processos d'observació i d'interpretació subsegüent, no ha permès enfrontar la qüestió i l'elaboració de termes observacionals —amb compromís descriptiu— i de termes teòrics —amb compromís explicatiu—. En anàlisis de traces d'ús no s'ha dut una reflexió correcta en aquest sentit; amb l'observació alhora s'ha fet explicació i s'han usat termes teòrics —hipotètics en definitiva— per definir la Realitat a partir de fenòmens visuals. Amb més humilitat s'haguessin hagut de dur a terme descripcions amb termes observacionals més estrictes i posteriorment interpretar-los. La interpretació pot cobrir tanmateix dos camps; a) la dada a terme per cobrir necessitats de classificació a partir de dades observacionals i b) la dada a terme per elaborar models explicatius de fenòmens. Si la necessitat bàsica de les anàlisis de traces d'ús és la identificació de les funcions dels instruments —en definitiva, la classificació de conjunts lítics amb vinculació al seu ús o rol en l'acció social—, aquest procediment encara hagués estat el més correcte. Hi ha hagut un excés de compromís ontològic, innecessari com ja esmentava anteriorment (veure subcapítol 2·1). C. Hempel, respecte a la dicotomia entre termes observacionals i teòrics, es pregunta si existeix la necessitat dels segons (HEMPEL 1979). Es planteja que si els termes teòrics són derivats dels observacionals, llavors només hauríem de plantejar termes d'aquesta darrera mena. Possiblement, si la necessitat que hem de cobrir amb els termes ha de ser la classificació d'un conjunt en classes mitjançant l'observació, amb un seguit de criteris i termes observacionals, ja en tenim prou.

Podem relacionar aquesta tendència a la categoria analítica en traces d'ús amb la que ja és més general en Arqueologia. Em refereixo a l'ús per excel·lència de tipologies classificatòries per tractar amb conjunts de restes arqueològiques. I també en aquest cas hi ha hagut una “ànsia de realitat” a l'hora d'elaborar-les i considerar-les. M. Weber considera molt evident que el tipus és model ideal de representació, no-real, abstracció de la ment amb la qual jugar (WEBER 1982: 80). Per la seva banda, G.R. Willey i P. Phillips tracten el tema de les categoritzacions ja molt promptament des d'una perspectiva ontològica principalment (WILLEY, PHILLIPS 1958). Es preocupen sobre què representen en la Realitat el tipus, la fase arqueològica i altres conceptes en ciència arqueològica. Se n'adonen de la vanitat descobridora dels científics darrera la categoria de “tipus”: els tipus es descobreixen, cosa que implica que prèviament existeixen com a tals en la Realitat amb un sentit propi i així per aquell que va elaborar els seus suports materials –peces ceràmiques, *items* lítics,...– (WILLEY, PHILLIPS 1958: 13).

Respecte al tipus i les tipologies s'afirma que les tipologies són típiques de ciències joves, poc sistematitzades (ESTANY 1993: 210). A. Estany fica com exemple d'aquestes ciències les històriques. El tipus és en certa forma una reducció psicològica d'un objecte de la Realitat. J.W.N. Watkins afirma que el científic social pot continuar cercant una explicació del fenomen social fins reduir-lo a termes psicològics (WATKINS 1952). En l'evolució de les tipologies lítiques això es fa palès amb un subproducte fill: les *chaînes opératoires*, que engloba un concepte psicologicista d'allò que és un procés de producció des de la seva vessant més tècnica.

Està clar que si partim d'una concepció materialista dialèctica només podem acceptar una tipologia com a eina analítica i mai com una classificació de la Realitat. Un dels grans problemes del concepte de tipus i categoria no és sols la pretensió d'entitat real que li vol donar l'arqueòleg, sinó que els propis criteris per a la seva implementació que molt a sovint es tenen en compte. Les condicions de necessarietat i suficiència (ESTANY 1993: 94) impliquen la propietat d'excloència, però aquesta és de difícil aplicació en una Realitat que resulta ser un *continuum*. L'ús de criteris d'inclusió-exclusió necessaris per a l'elaboració de conceptes vàlids –condicions formals d'adequació– (ESTANY 1993: 112) està massa guiat per principis de lògica formal, el qual li dóna una validesa real una mica limitada. L'extrema abstracció no accepta l'ambivalència –o ambigüitat– dels individus en una classificació. A efectes pràctics operatius ens pot embolicar més que ajudar en moltes investigacions científiques reals, com per exemple les pròpies anàlisis de traces d'ús. A. Estany planteja els problemes de

rigidesa d'aquesta mecànica de classificació (ESTANY 1993: 113), la qual és fruit – segons jo considero– de no acceptar la contradicció i la hipervariabilitat i multidimensionalitat de la Realitat. La mateixa autora dóna com a solució la lògica difusa o de conjunts borrosos.

Els criteris d'excloència poden semblar de fàcil aplicació quan tractem amb categories de caire qualitatiu, però bé sabem que molts cops les categories qualitatives són constructes mentals fruit de la categorització d'una realitat continua en caixons construïts per salvar les aparences, o bé en els millors dels casos termes analítics operatius. Per exemple, el “micropolit” sempre s'ha intentat categoritzar en termes d'excloència, mitjançant atributs particulars, únics i com a tals excloents que només es donin en un ús concret. Normalment, sempre s'ha mirat més a la categoria d'ús arqueològica per encaixar la classificació del micropolit i poc a la realitat continua d'una fenomenologia que respon a uns processos de resistència i estrès entre matèries en contacte dinàmic, fenomenologia que per definició donarà una gradació continua d'aparences fruit de la semblança de propietats físiques entre certs materials –per exemple fusta dura i os fresc.

Tanmateix, el fet que quelcom no pugui ser enquadrat com a atribut-categoria excloent no ens ha de col·lapsar en el nostre procés de creació de coneixement. El que cal fer és trobar mecanismes per saber operar amb aquesta realitat. Només calen uns atributs que en la seva gradació tinguin intervals de valor que es centralitzin majorment en una classe donada i uns mecanismes d'operació probabilístics que alhora ens permetin emprar els valors aportats per diferents atributs cara a una més òptima classificació dels casos.

Una classificació ha d'estar d'acord amb una teoria i amb uns objectius de coneixement. Les tipologies prehistòriques tenen una il·lusòria pretensió de neutralitat teòrica que fins i tot s'ha argüït en algun cas com a mostra d'objectivitat. De fet, aquesta mancança és la que les fa inútils a l'hora de crear models explicatius. Acaben sent, com ja apuntava anteriorment, eines de classificació arxivística en el millor dels casos¹²⁵. L'adequació de la categoria no és sols respecte a l'objecte, sinó que també a la pregunta que ens plantejem respecte d'ell. Per exemple, en anàlisis de traces d'ús hem de trobar per a cada classe aquells intervals de valor dels atributs que resultin més descriptius i

¹²⁵ Es pot afegir però que si bé acaba havent-hi una teoria “subconscient”, majorment de caire prosaic i sobre convencions, la teoria palesa pels autors no és prèvia a la tipologia, sinó que més aviat posterior o simultània a partir dels resultats. I precisament, exacerbant l'error de plantejament, l'únic punt en què és prèvia és en els principis no-declarats que regeixen l'inici de la tipologització.

excloents, però això implica que la definició de la classe que ens interessa descriure modificarà la circumscripció necessària dels atributs a avaluar. És a dir, no és el mateix voler distingir entre classes de matèria treballada concreta –fusta, pell, os,...– que entre classes de duresa d’aquestes –alta, mitja, baixa.

2.2.5 La classificació i la medició.

Els conceptes mètrics, o conceptes quantitativs, romanen lluny del llenguatge natural i se’ls pot considerar una creació exclusiva del llenguatge científic. En el present treball són aquests conceptes els que es poden considerar pertinents. Són els pertinents perquè allò que pretenem és tractar i classificar *continuums*. Dintre d’un *continuum* no podem situar barreres arbitràries per crear categories que a nivell classificatori es podrien considerar pertinents. Una fenomenologia com la del “micropolit”, on es produeixen encavalcaments de les característiques formals entre els diferents usos, no permet tancar categories estrictes excloents.

Tanmateix, tampoc cal idealitzar-los com sembla que es faci a sovint, més que res perquè la quantificació no comporta necessàriament una major versemblança del terme; és a dir, no comporta necessàriament una major adaptació a la dimensió ontològica de l’objecte d’estudi. Les condicions d’adequació continuen sent les mateixes que anteriorment.

En Arqueologia hem pogut ser testimonis de quantificacions amb nul poder explicatiu, emprades com a mer esnobisme i sota la premissa que si quantifiquem atorguem més científicitat –o almenys l’aparença d’aquesta– a les nostres afirmacions.

Per altra banda, també hi ha nombrosos treballs on sota el nom de quantificació es duen a terme simple qualificacions a partir de la idea de quantitat. Són les típiques escales de valor alt-mig-baix que es vesteixen de quantificació, quan en realitat és ficar sota la forma de categories qualitatives impressions personals a partir de càlculs personals. Sobre un *continuum* no podem traçar límits que l’encasellin i si aquests límits són evidents llavors possiblement no ens trobem amb un *continuum* i per tant podríem passar a crear categories qualitatives tancades. El problema està en disposar els talls en l’escala: en una escala continua del 0 al 3 dividida en tres categories a) 0 a 1, b) 1’1 a 2 i c) 2’1 a 3, els valors 0’99 i 1’1 sent de diferents categories són més propers entre ells que amb altres valors de les seves pròpies categories.

Tot i que en darrera instància la medició també té un punt d'arbitrarietat –des del moment en què s'especifiquen els criteris que la guiaran–, un cop aquesta està reconeguda ens assegurem la coherència en l'avaluació dels objectes –sempre que seguim els criteris convinguts en un principi–. Això implica que s'ha de ser molt primmirat a l'hora d'elaborar i implementar procediments de mesura per a un objecte natural. En certa forma l'objecte ha de condicionar o determinar el propi procediment i d'aquí la necessarietat de les reflexions ontològiques prèvies sobre l'objecte. Altre cop retornem a la teoria de partida per poder dissenyar el procés d'investigació.

La solució en el nostre treball està en dur a terme una classificació d'un conjunt de dades en categories d'ús a partir d'una sèrie d'atributs compartits per totes les categories, però en uns intervals de valor diferents en els diferents casos. Tanmateix, per a cada categoria aquests intervals de valor s'encavalquen amb altres categories en certs casos. Això ens obliga a que, si pretenem obtenir una òptima classificació dels casos, hem de recórrer a l'ús de diversos atributs, els intervals de valor dels quals discriminin les dades de forma diferencial i que integrant-se es complementin per donar una classificació del cas el més acurada possible.

2.3 Experimentació en Arqueologia i anàlisi de traces d'ús.

En Arqueologia, els mecanismes per determinar el grau de versemblança de les nostres afirmacions i resultats són indirectes, degut a la dissociació que patim de l'objecte d'estudi, circumstància que apuntava anteriorment. En conseqüència, necessitem models de contrast, de reproducció de les condicions que hipotèticament van esdevenir altra volta en el passat, fent-les presents per observar-les.

L'Experimentació ens ofereix aquesta mena de criteris per comprovar si els conceptes que fem i les seves interrelacions tenen un grau de versemblança més/menys acurat a la Realitat. Amb tot, el coneixement que obtindrem de la realitat que estudiem serà aproximatiu i s'inserirà dintre d'uns marges d'errors expressables de forma probabilística.

Ja n'he parlat anteriorment (veure subcapítol 2.2.1), en una solució probabilística trobarem una descripció no tancada d'un problema ontològic en un objecte d'estudi concret; però a sovint serà l'única sortida que podrem obtenir. La "Veritat Absoluta" en bona part dels problemes arqueològics pot acabar creant un col·lapse de coneixement –

el qual crec que s'ha reflectit en moltes propostes post-modernes¹²⁶—. Evidentment sí que considero que les explicacions probabilístiques tenen un caràcter particular com a descriptors de la Realitat i que en moltes preguntes no és vàlid una resposta probabilística. La probabilitat no aporta lleis de causes, sinó que de comportaments de poblacions les quals tenen una distribució originada en multitud de factors.

L'estructura complexa de la Realitat, on la causalitat dels fets pren una forma d'interaccions múltiples i simultànies, ens pot fer optar per explicacions de caràcter probabilístic. Amb això no es nega en absolut el principi de determinació —donat que no nega que en els fenòmens que es desenvolupen en el món real hi ha un lligam coherent entre causa i efecte—, però sí que es limita en certa mesura la nostra capacitat de predictibilitat. El problema és en darrera instància de tipus gnoseològic vinculat a un problema ontològic previ. És en aquest aspecte que podríem identificar el problema com de mètode; però com hem dit, amb la Ciència no pretenem cap recerca ni representació de la Veritat; simplement pretenem la major adequació possible de les nostres hipòtesis a la Realitat, per crear coneixement sobre aquesta “a la recerca” de manipular-la¹²⁷.

En el cas de l'estudi del fet social ens trobem davant una fenomenologia hipercomplexa, on el còmput dels factors —eficients, no teòrics— que entren en dialèctica no acabaria mai, havent el perill de caure en el camp de l'abstracta metafísica. Tanmateix, regularitat i hipercomplexitat no són fets incompatibles dintre d'un mateix fenomen, i en el fet social tenim recurrència i regularitat altes en comparació a altres fenòmens estudiats en altres camps de la Ciència. Aquesta recurrència i regularitat ens permeten comprovar línies causals entre els fets històrics. Hem pogut elaborar models de canvi històric versemblants, i el coneixement no és res més enllà d'aquests models —entenent “model” com a representacions ideals de la Realitat (ESTANY 2001)—.

¹²⁶ Si com afirmen M. Shanks i C. Tilley tota Arqueologia possible a desenvolupar és política i moral en ordre del moment històric en què es desenvolupa el discurs (SHANKS, TILLEY 1987: 212), el coneixement objectiu del passat és impossible per definició; també per definició, inútil més enllà de l'ús polític i super-estructural. Si com afirma I. Hodder el coneixement d'allò simbòlic del passat és possible i ha de passar a ser l'objectiu de la investigació arqueològica (HODDER 1987: 13-16, 1988: 148), l'especulació erudita de catedràtics setciències ocuparà els debats arqueològics per a goig i prestigi dels mateixos. En definitiva, si aquestes propostes o idees de partida no col·lapsen la possibilitat de crear coneixement objectiu que baixi Déu i m'ho expliqui.

¹²⁷ Hom fins i tot podria afirmar que la manipulació eficient de la Realitat arran de l'aplicació del model consegüent a la teoria demostren la versemblança de la mateixa teoria. Reconec aquest punt discutible, fins i tot des del meu punt de vista. La medicina tradicional és un dels casos que exemplifica una tècnica que a sovint (no sempre!) era eficient en els seus propòsits —el guariment dels malalts—, però que partia de models erronis del cos humà i la malaltia, així com també s'errava en les raons que es tenia sobre la interacció entre medicina/malaltia cara al guariment subsegüent. Podem considerar que als tracejols ens ocorre quelcom similar: sabem distingir traces d'ús i vincular-les correctament a l'ús, però no sabem amb certitud absoluta com es generen aquestes mateixes traces d'ús.

Aquests models no perden cap validesa per ser ideals; prenen o perden validesa dins el marc de l'Experimentació i són el material primer a l'hora d'elaborar les hipòtesis i el programes experimentals.

Totes aquestes reflexions no han de ser enteses en la línia del relativisme post-modern, simplement es posa la Realitat i la seva Representació al lloc que els correspon. Si no tenim clara la diferència entre Representació i Realitat, serà fàcil que caiguem en trampes idealistes, creient que allò que simplement és una idea nostra té una entitat real fora de la nostra ment. És aquest un problema que com es pot sobreentendre en les crítiques a les anàlisis de traces d'ús, no ens ha estat aliena als traceòlegs.

La solució, com en qualsevol altra disciplina, passa per trobar el principi de coincidència entre la gnoseologia, la ontologia i la lògica que impliquen la tècnica i l'objecte d'estudi concret. Des d'una perspectiva materialista dialèctica la Realitat té una entitat independent de com és coneguda –és a dir, de la consciència que la interpreta–. Això no implica que entre una i altra no hi hagi una coincidència o comesurabilitat, malgrat que la Representació sempre serà una idealització parcial d'un fet molt més ampli i que engloba molts més aspectes que se li escapen.

¿Com es materialitza tot això en el procés d'inferència que empren les anàlisis de traces d'ús? L'Experimentació entra en la primera part del desenvolupament de la tècnica com una necessitat ineludible. Per poder fer possible el procés d'inferència sobre el material arqueològic –és a dir per poder distingir la natura de les traces i els seus atributs–, ens cal prèviament recórrer a l'Experimentació per observar en la Realitat la reacció diferencial de la superfície de la matèria lítica a partir de patir diversos processos de fricció sobre diferents matèries. A partir d'aquest esquema simple extraïem totes aquelles variables que creiem que estan vinculades al procés.

La Representació té un límits respecte a modelització de la Realitat, els quals els hem de posar nosaltres mitjançant la teoria de la qual partim, les preguntes que d'ella emanen expressades en hipòtesis i les dades estructurades a partir d'una sèrie de variables significatives respecte a la hipòtesi i la teoria. Depèn de nosaltres l'escenografia, però aquest caràcter ideal no és el que treu o atorga validesa als enunciats del model que elaborem, sinó que allò que treu o atorga validesa és –com apuntava més endalt– l'adequació del discurs a la faceta de la Realitat sobre la qual versa. Evidentment, el problema subsegüent seria com determinar aquests criteris d'adequació. La resposta ja està donada: mitjançant la reproducció experimental i la reiteració de les circumstàncies que en ella es donen en quant a contrastar la hipòtesi

prèvia. Evidentment, hi ha mecanismes lògics que ajuden a fer les valoracions entre la hipòtesi i els fets, així mateix de caràcter dialèctic.

A partir del plantejament d'una/es hipòtesi/s sobre com es desenvolupen els fenòmens que veiem en la Realitat, ens cal l'Experimentació per fer una reconstrucció del desenvolupament del fenomen, a la seva vegada a partir de la confirmació –en positiu o negatiu– de la/es nostra/es hipòtesi/s. Evidentment, dintre aquest procés s'insereix l'observació com a mètode de còmput i anàlisi. Això es du a terme a partir del control de les variables que hipotèticament intervenen dialècticament en el procés de desenvolupament del fenomen. És a fi de comptes un sistema de contrastació d'hipòtesis, posant aquestes en dialèctica amb els resultats experimentals i veient quin és el grau de correspondència –que aniria en relació amb el grau de fiabilitat que esmentàvem anteriorment.

L'Experimentació és una eina per a la creació del coneixement empíric, en la qual la comesurabilitat entre fenomen real i el reproduït en l'experiment pot ser feta palesa amb menys risc d'error. Malgrat això, la correlació entre la teoria i l'experiment no és tan mecànica, així com tampoc les possibilitats del mètode i del significat real dels seus resultats. Cal un plantejament correcte del programa experimental, en altres paraules, cal que partim d'una reflexió sobre els principis teòrics de l'observació i el mesurament –és a dir, tenir clar que és allò que anirem a observar i mesurar–. En aquesta mateixa línia, V.A. Stoph ens dóna una definició detallada sobre que es pot considerar Experimentació: *“El experimento es un tipo de actividad realizada para obtener conocimientos científicos, descubrir las leyes objetivas y que influyen en el objeto o proceso estudiado, por medio de mecanismos e instrumentos especiales, gracias a lo cual se obtiene: 1) la separación, el aislamiento del fenómeno estudiado de la influencia de otros semejantes, no esenciales y que ocultan su esencia, así como estudiarlo en forma pura; 2) reproducir muchas veces el curso del proceso en condiciones fijadas y sometidas a control; 3) modificar planificadamente, variar, combinar, diferentes condiciones con el fin de obtener el resultado buscado”* (VV.AA. 1978: 248)¹²⁸.

L'Experimentació queda així com un pas intermedi en la investigació científica; des de les hipòtesis prèvies a l'elaboració de la tesis com a darrer pas, sempre a partir de

¹²⁸ Val a dir que és discutible si aquesta és la forma única d'experiment, podent hom al·legar que aquests principis només regeixen un tipus d'experiment. Tanmateix, no vull entrar ara en un debat estèril d'aquesta mena.

les conclusions que es desprenen dels propis resultats de l'experimentació concreta per la contrastació de les hipòtesis prèvies. L'Experimentació implica la reconstrucció dirigida del fenomen que observem en la Realitat. La finalitat d'això i els seus avantatges són el control del desenvolupament del fenomen per part de l'investigador:

- Control qualitatiu de les variables que intervenen.
- Control de la significació potencial i condicional que tenen les mateixes variables en la definició del fenomen.

Posem sota control la "causalitat" que implica a un procés donat i podem conèixer-la. Tanmateix el control és indirecte, dut a terme a sobre dels factors hipotètics que formen part del procés. Durant l'experiment podem modificar la intervenció dels factors i inserir-los o excloure'ls en un moment donat per comprovar el seu potencial condicionant en el desenvolupament global del procés en estudi.

Les hipòtesis plantejades sobre sistemes estocàstics són enunciats estadístics. Una hipòtesi sobre un sistema estocàstic consta de diferents elements: 1) Una població de referència, 2) un atribut que és la variable estadística amb els seus valors i 3) la quantitat en percentatges dels valors d'aquesta variable.

Respecte als resultats donats, m'agradaria que ara recordem el concepte de "probabilitat" esmentat anteriorment. El potencial d'acció d'un factor es donarà dintre d'un interval de valors. Recordem que el poder d'acció en el procés es dona conjuntament amb els d'altres factors de forma simultània i intercondicionada; és a dir, de forma dialèctica. La modificació de l'acció d'un factor en el procés pot condicionar llavors l'acció de part dels altres factors.

La Dialèctica implica que el resultat –síntesi– de la interacció de n factors no és igual a la suma de la seva acció per separat. Això fa esdevenir complexa l'anàlisi del procés i limita la capacitat de predicció que podem assolir –relacionada amb la incapacitat d'assignar valors exactes a l'acció de cadascun dels factors que intervenen en el procés–. Ens obliga això a que la comprovació de les nostres hipòtesis de partida al final de l'experiment pugui arribar a ser parcial i no categòrica; el resultat d'un procés X intervenint el conjunt de factors Z serà Y en un $Q\%$ de casos. El "com" es dugui a terme la interacció dins de Z –en bona part per l'acció de variables latents, de les quals no es té en compte la seva acció per l'acotament analític de les variables d'estudi– és la responsable d'aquesta indeterminació aparent.

Això no és impediment a l'hora de plantejar unes hipòtesis de treball. A partir d'una observació del procés natural, extraïem unes hipòtesis de com es desenvolupa un procés natural. Un cop fet això, dissenyem un model experimental a partir de com s'ha de desenvolupar el procés natural a partir de la hipòtesi prèvia, de tal forma que aquesta mateixa sigui contrastable positivament o negativa. El control sobre el procés és parcial i possibilista, fins i tot en el cas que les hipòtesis prèvies s'hagin comprovat positivament i que el disseny del model experimental s'adapti totalment al procés natural; ens interessa saber el paper jugat per una sèrie de factors i en deixem sense controlar uns altres –o bé per impossibilitat, o per no ser objecte d'estudi nostre, o simplement perquè no els hem reconegut en el procés–. D'una forma o altra aquesta limitació és necessària, car hem de limitar el nostre objecte d'estudi a cada moment. El problema pot sorgir quan aquests factors que deixem “de banda” també intervenen activament en el procés, aportant gran complexitat i un grau major/menor de dificultat a la interpretació dels resultats obtinguts. Per altra banda, hem de tenir en compte que molts dels factors que definim com a tals són a la vegada la síntesi de la dialèctica entre uns factors previs.

Una forma de compensar aquesta aparent flexibilitat en la determinació i poder verificar tendències generals està en la repetició de l'experiment un nombre de vegades x –el que sigui necessari com per poder extreure conclusions significatives dels seus resultats, a partir de constatar la recurrència de la intervenció de factors sota la forma d'un tipus d'acció concreta i dintre d'uns marges potencials donats.

El grau de validesa dels resultats de l'experiment estarà en relació amb l'adequació ontològica de les nostres hipòtesis prèvies, i aquesta adequació no serà en bona part dels casos absoluta, sinó que condicional i probabilística. Hem de tenir en compte que una manca d'adequació tampoc ha de tenir la seva causa en la complexitat produïda per la dialèctica de factors, simplement es pot donar per la manca de control a sobre d'un/s factor/s no tingut/s en compte.

Durant l'experiment –mitjançant l'observació analítica– podem comprovar la participació de factors que no es manifestaven aparentment en el procés natural o que se'ns escapaven a l'observació. Això pot implicar que durant el desenvolupament dels experiments concrets modifiquem les hipòtesis de partida, fins i tot molt abans que el programa experimental hagi conclòs. El procés de desenvolupament d'un programa experimental és dinàmic intel·lectualment parlant i no es tracta d'un procés de replicació mecànic on l'únic moment on existeix raonament és al final en les conclusions.

2·3·1 Relacions de l'experiment amb la Teoria.

Com ja he apuntat anteriorment, dintre dels elements que conformen el disseny de l'experiment té un paper principal la Teoria o marc teòric, al ser aquest el primer element definidor de l'experiment des d'una perspectiva d'ordre temporal i estructural. Partint d'aquest principi, esdevé una necessitat ineludible la coherència del disseny experimental amb el model teòric de partida, mitjançant l'especificació dels objectius del projecte general i de les hipòtesis de partida. Això implica que els pressupostos teòrics dels quals partim determinaran el com dissenyem l'experiment; ha d'haver llavors una coherència estructural bidireccional.

Entre la teoria establerta i les noves hipòtesis que a partir d'ella elaborarem hi ha d'haver una lògica estricta. L'elaboració de les hipòtesis ha de ser correcta i conseqüent, evitant respondre a uns pressupostos no fonamentats en els resultats teòrics als quals fan referència, vinculats en bona part dels casos a intuïcions de caràcter totalment subjectiu extretes d'interpretacions errònies i personals de la teoria. Que elaborem hipòtesis de partida correctes significa que aquestes han de tenir un nivell de versemblança lògica coherent amb el coneixement acumulat fins al moment¹²⁹. Prèviament a l'experiment, aquest és l'únic element que tenim per afirmar que una hipòtesi està ben construïda. Per comprovar una hipòtesi ens hem cenyir a l'anàlisi dels elements a què al·ludeix, basant-nos sempre en la descripció dels mateixos a partir de fets comprovats anteriorment en el coneixement previ. Per exemple, comprovem que diferents micro-relleus es desenvolupen per treballar sobre diferents matèries treballades, donat que l'experiència apunta que la relació és plausible. És aquest fet previ el que fa que la hipòtesi estigui ben plantejada, en no fer cap salt inferencial d'un bon inici –coherentment s'apunta que la causa dels micro-relleus diferencials pot ser degut a la variabilitat de les característiques intrínseques entre les matèries treballades¹³⁰.

¹²⁹ Segons A. Estany en algun moment hi ha hipòtesis on assumpcions de coneixement no comprovades apareixen com a elements que les componen. També està el problema de les assumpcions metafísiques, necessàries en certa forma per poder fer operatiu el procés de creació de coneixement i no convertir els nostres estudis en espirals de comprovació continua sense sentit (ESTANY 2001).

¹³⁰ Val a dir que en darrer terme, l'única confirmació definitiva de la validesa en l'elaboració de la hipòtesi la tenim al final del projecte experimental. Això arriba amb la valoració de la seva adaptació ontològica a partir de la verificació del nivell de fiabilitat i el model d'explicació de la Realitat que implica. El que això implica és que no podem saber si la hipòtesi està ben elaborada més que per la seva posada en acció en l'experiment, cosa que implica que el desenvolupament processal que descriu s'adapti al desenvolupament procedimental de cadascun dels passos de què consta l'experiment; és a dir, que lògicament hi hagi una correspondència lògica entre hipòtesi i el procediment experimental que la posa en pràctica.

Els mètodes d'observació i mesura que es duren a terme durant l'experiment formen part integrant ineludible de la teoria general, alhora que tenen les seves d'específiques.

2.3.2 Problemes que pot comportar l'experimentació.

Els resultats experimentals obtinguts sempre respondran a l'experiment, mai a la Realitat, a la qual es pretén emular; amb això s'extreu que la relació que manté no és mai directa. L'experiment sempre és una representació de la Realitat, un model d'aquesta ideat per nosaltres a partir de les nostres hipòtesis resultants de l'observació. És aquest un punt d'humilitat molt útil per evitar possibles errors interpretatius i cal tenir-ho molt en compte abans de començar amb el disseny de l'experiment –en certa forma, per intentar que la representació de la Realitat que és l'experiment sigui el màxim possible de versemblant, cal que abans veiem en què no s'adapta–. Igual que allò que captem de la Realitat és un model d'aquesta i no la Realitat mateixa, exactament passa amb l'experiment; no podem confondre Representació amb allò representat. És això molt important, tenint en compte les diferències que després podem observar entre les traces d'ús experimentals i les de materials arqueològics.

Els errors que se'n poden derivar són de caire divers i en bona part ja n'hem anat fent referència, explícita o no, en el text anterior:

- Disseny de l'experiment sota uns pressupostos previs falsos en el moment de construir les hipòtesis de partida.
- Manca d'adequació de l'experiment en relació a la hipòtesi prèvia –és a dir, que no la respongui–, malgrat que aquesta estigui ben elaborada.
- Subjectivitat de l'investigador que pot –no necessàriament– distorsionar els resultats.
- Distorsió en el desenvolupament de l'experiment provocada per l'investigador.
- Instruments d'observació i/o de mesura que distorsionin els resultats. Aquest error pot ser per mal funcionament dels aparells de treball o per desconeixement de l'investigador sobre les limitacions dels mateixos.
- La incertitud creada pel fet que processos naturals –per extensió experimentals– idèntics poden donar resultats diferents i, a la inversa, processos naturals diferents poden donar resultats idèntics.

Com es pot veure, la major part dels problemes desemboquen en l'adaptació ontològica de la hipòtesi. Per una banda, sempre haurem de reflexionar sobre si el procés experimental respon a una emulació del procés natural, tot i quan els resultats ens portin a creure això. Però el darrer problema esmentat està relacionat amb el problema de la causalitat probabilística i en ser extern als factors que nosaltres controlem directament, és el de més difícil solució. No és agosarat afirmar que aquest fet es pot reconèixer en la fenomenologia de les traces d'ús, on experiments sobre diferents matèries treballades poden donar resultats similars¹³¹. Algunes matèries treballades s'encavalquen en donar traces d'ús similar dintre d'uns marges més o menys amplis i en el que sembla ser una escala de duresa.

2·3·3 L'Experimentació en CC.SS..

L'objectiu genèric i social de la Ciència –més enllà de les motivacions particulars dels seus practicants– és crear coneixement sobre la Realitat per exercir control sobre ella, amb la intenció d'intervenir-hi i modificar-la. És quelcom molt més enllà del que un idealista pot desprendre de la frase, doncs el coneixement de l'entorn, fins i tot a títol particular, és un *input* necessari per operar en el món i sobreviure-hi. El coneixement permet control i el control permet més domini de l'entorn, més economia d'energia productiva i més seguretat pel desenvolupament social. En quant a les CC.SS. i en concret la Història i l'Arqueologia podem atorgar-les la mateixa utilitat. El coneixement dels processos històrics que han conduït al context social actual té una gran importància, a nivell polític per una banda –amb descarats usos ideològics, la major part de vegades ben dirigits sota interessos de classe concrets¹³²– però també a nivell de gestió del

¹³¹ Depenent de les propietats de les mateixes matèries treballades. Sé que aquesta afirmació pot causar repulsa de gran part dels traceòlegs, però experiments personals sobre os de nou nat (porc concretament) m'han mostrat que les traces produïdes per aquesta matèria poden ser confoses amb traces sobre fusta fresca. Només per posar un exemple, però segur que en hi ha més.

¹³² Si algú dubta de les afirmacions fetes sobre l'ús polític de la Història i Arqueologia pot triar entre les següents referències: ESTEVEZ, J.; VILA, A. (1999) *Piedra a piedra. Historia de la construcción del Paleolítico en la Península Ibérica*; BAR International Series – 805, Oxford; FINLEY, M. I. (1992) *Uso y abuso de la historia*; ed. Akal, Madrid; PRIETO, A.M. (1976) *La historia como arma de la reacción*; ed. Akal, Madrid; TRIGGER, B. (1992) *Historia del pensamiento arqueológico*; ed. Crítica, Barcelona. El coneixement de la història serveix d'element d'alienació mental de les masses, en el millor dels casos mitjançant l'aprenentatge d'una consciència de la història amb uns interessos de classe concrets –per exemple lectures d'històries nacionals– i en el pitjor dels casos per justificar crims genocides –per exemple lectures racistes de la història a l'Alemanya nazi–. Conseqüentment un coneixement objectiu de la Història és necessari per evitar caure en les xarxes de manipulacions propangandístiques que a fi de comptes són l'avantsala de l'alienació de la nostra consciència, interessos i llibertat.

nostre present i futur sota diferents perspectives. Possiblement l'experiència quotidiana no evidencia aquest aspecte utilitari de la Història, però imaginem per un moment com els individus socials organitzarien el seu pensament sense recórrer al coneixement positiu dels fets del passat.

El coneixement històric és el de les interrelacions que es donen en la societat humana, en continu canvi dins la dimensió temporal –és a dir, l'estudi del moviment del fet social–. Aquestes interrelacions i les formes que prenen són les causants del canvi que ha portat al nostre present. Així mateix, també podem afirmar que la causalitat del fet social també és inferible de forma dialèctica i no de forma unilineal. D'això també s'infereix que un coneixement probabilístic de molt bona part dels fets històrics i, encara més, una predictibilitat cara a futur a partir del coneixement d'aquests és una eina operativa i en molts casos exclusiva¹³³. És a fi de comptes el joc de la dialèctica el que produeix aquest efecte d'alta complexitat, d'expressió igualment i conseqüent complexa. Dins el panorama que queda, les preguntes que ens fem han d'estar especificades i centrades sobre uns objectius. En conseqüència, els problemes arqueològics es poden plantejar sota dues perspectives que impliquen dues categories de problemes:

- quin tipus d'acció social pot posar-se en relació amb certs conjunts d'artefactes o fragments d'artefactes; és a dir, quins efectes materials produeix l'acció social i de quina manera podem reconstruir-la partint de l'observació d'aquests efectes.
- per què l'acció social en qüestió es produeix, canvia o roman estable; és a dir, per què varien al llarg del temps i/o de l'espai els efectes materials de l'acció social.

Com es pot intuir, per a la resolució del segon problema hem de passar abans per la resolució del primer¹³⁴. És obvi això, donat que un tipus de problema i l'altre són el

¹³³ El coneixement del passat pot comportar una acció en conseqüència a partir d'aquest. És a dir, el coneixement del passat ens pot permetre fer unes previsions sobre el futur, amb la qual cosa s'obre la porta a la possibilitat de modificar-lo. En aquest sentit, el coneixement històric pot ser alhora factor que intervingui en la materialització de l'esdevenir social. Això hauria d'obrir un ampli debat sobre la predictibilitat en la Història, posada en tela de judici per molta gent que no sap extreure coneixements de l'esdevenir social que siguin vertaders.

¹³⁴ Però en certa forma també a mesura que anem resolent el segon problema podem resoldre futurs problemes primers. Tanmateix, centrant-me en un punt de vista abstracte i epistèmic, prefereixo fixar-me en l'instant de raonament que s'esdevé davant del problema del registre; així considero que l'ordre primer és aquest que presento: del registre a la seva interpretació vers el fet social que volem inferir.

mateix en la realitat i la separació feta per nosaltres és de caràcter ideal i operativa. Tot entra dintre d'allò que és la materialitat dinàmica social.

La solució del problema general passa pel mètode experimental. Les restes arqueològiques i allò que representen, com a fet social, són el resultat d'un procés dinàmic. Malgrat que quan nosaltres les documentem i les transformem en registre arqueològic se'ns mostren estàtiques, porten implícita un gran nombre d'informació. Llavors, el procés d'inferència arqueològica és una marxa endarrera del procés de deposició de les restes i per poder dur a terme aquesta tasca necessitem models de referència experimentals.

Les anàlisis de traces d'ús són un bon exemple de la necessitat de l'Experimentació per poder arribar a fer inferències vàlides. Sabem que per al desenvolupament del grup social s'han hagut de dur a terme uns treballs donats i que aquests han estat duts a terme amb els suports tecnològics –els útils– que trobem en el registre; allò que no podem saber és per a què va servir cadascun d'ells. L'alternativa donada per la traceologia afirma que en el procés mecànic del treball es produeixen alteracions físiques en la superfície de l'objecte que s'ha utilitzat de suport durant el treball. Sense els resultats d'un programa experimental, on reproduïm els processos de formació d'aquestes alteracions físiques, no podem tenir models de referència per poder contrastar aquelles alteracions que observem en els materials arqueològics.

És indubtable que la traça d'ús és un resultat de l'acció social i que passa a formar part de la materialitat de l'artefacte. Conseqüentment, a partir de la diagnosi de l'ús d'un conjunt d'útils podem arribar a fer inferències sobre la dinàmica productiva del grup social en què s'han donat i així inferències socials més generals. En conseqüència, el procés de formació de les traces d'ús pot ser entomat sota dues perspectives –les quals no són en absolut contradictòries i sols representen dos camps complementaris de la seva realitat:

1. La d'entendre les traces d'ús com el resultat d'unes accions de treball i així com el resultat del desenvolupament de l'acció social.
2. La d'entendre les traces d'ús com el resultat d'un procés mecànic –amb conseqüències físico-químiques– que altera els dos elements que entren en dialèctica durant el seu desenvolupament.

La primera perspectiva és la pertinent en el moment de fer les interpretacions socials dels nostres resultats. La segona l'hem de tenir en compte en treballs de caire analític, metodològic i tècnic, els quals pretenen arribar a crear coneixement sobre els processos de formació físico-químics de les traces d'ús, amb l'objectiu d'afinar amb les diagnòsics d'anàlisis posteriors en tenir un major control de les variables formatives. Aquesta segona perspectiva és la que majorment s'ha tingut en compte en aquest present treball.

2.4 Plantejament i disseny experimental del projecte.

Recordant els objectius del projecte, es planteja la creació de coneixement per contrastar la validesa del mètode convencional d'anàlisis de traces d'ús. Aquesta depuració metodològica consistiria en conèixer el potencial explicatiu de cadascun dels atributs de l'alteració d'ús en superfície que fem per a la diagnòsica de l'ús. Aquest coneixement ens permetria saber si hi ha redundància en la selecció de paràmetres per a la diagnòsica i fins i tot si realment algun/s d'aquests és/són o no vàlid/s.

L'única manera que se'ns acut per donar solució a aquesta problemàtica és recórrer al mètode experimental. L'Experimentació, com hem vist fins ara, ens permet la contrastació d'un fenomen natural a partir de la seva reproducció "de laboratori"¹³⁵, tot controlant els factors que hipotèticament el regeixen. Ara el fenomen a contrastar és el procediment convencional d'anàlisi de l'alteració d'ús en superfície. Per contrastar aquest no es vol recórrer a un sistema de tests cecs –de fracàs segur ja contrastat (NEWCOMER et al. 1986), doncs retornem altre cop als humans per jutjar humans– ni qualsevol altre sistema que impliqui una intervenció humana directa en la diagnòsica. Es vol crear un sistema neutre de reconeixement i anàlisi d'atributs, un sistema automàtic que ens alliberi de ser nosaltres els directes avaluadors de la validesa del propi mètode convencional que alhora nosaltres fem.

Com ja he comentat anteriorment, quan l'experiència acumulada per l'especialista ho permet, el procés de reconeixement de patrons de les alteracions d'ús que utilitzem els investigadors no recorre a l'avaluació i anàlisi d'atributs. Pel que suggereix la neuro-biologia, és molt possible que reconeguem patrons a partir d'avaluacions mentals en "caixa fosca", molt exactes i que es fan a partir d'una qualitat de reconeixement adquirida per la repetició experiencial i controlada de les mateixes

¹³⁵ Entre cometes perquè com sabem no és necessari que sigui en laboratori.

imatges que sabem responen a un ús concret. Tanmateix, ja he expressat quins són els problemes implicats en aquest sistema per a la transmissió de coneixement –fet que implica una sèrie de problemes subsegüents que impliquen al procés d'investigació en general.

Així necessitem un sistema neutre, sobre el qual tinguem la seguretat que treballa a partir del reconeixement dels atributs, dels quals nosaltres li hem introduït valors numèrics. Això, però, ens desvia dels objectius inicials. Ara serà necessari centrar els nostres objectius en la creació d'un sistema de reconeixement de patrons que sigui operatiu.

La base experimental implica en el projecte diverses facetes; per una banda hem de posar a prova el sistema de reconeixement de patrons que engegarem, però per una altra necessitem una base de dades experimental i controlada, on variables dependents i independents siguin relacionades sense equívoc i amb la qual puguem posar a prova el mateix sistema de reconeixement de patrons.

Més concretament, el present disseny experimental consta de dues parts. La primera i bàsica és la creació d'una col·lecció de referència de rèpliques d'instruments lítics amb els quals s'han efectuat unes accions de treball amb diversa cinemàtica i matèria treballada. Provoquem així sobre les superfícies d'aquests instruments una sèrie d'alteracions d'ús. De fet, és tot plegat una col·lecció de referència clàssica en anàlisis de traces d'ús on es té un absolut control de la relació entre variables dependents –traces d'ús– i independents –factors que produeixen les traces d'ús.

Ja en la segona part del disseny experimental, de l'instrument enregistrem les dues variables independents d'interès –cinemàtica i matèria treballada– i creem una base de dades d'imatges digitals vinculada a elles. De les imatges digitals extraïem informació quantitativa mitjançant uns protocols concrets i recurrents per posteriorment processar-la estadísticament i mitjançant Xarxes Neurons. Aquests mecanismes ens oferiran una classificació de les imatges en funció de la informació que els hem introduït. Tot seguit, contrastarem el grau d'adequació d'aquesta classificació, donada pel càlcul dels *inputs*, a la classificació real de les imatges per l'ús a què corresponen –classificació que coneixem gràcies al control de la relació entre variables independents i dependents que s'obté en la primera part del disseny experimental.

La major part de dissenys experimentals que es presenten en la investigació científica es defineixen en quant a un control del seu Estat Inicial i unes hipòtesis sobre els seus Estat Intermedi i Estat Final, entre les quals està la solució. En el present

disseny experimental el problema que presentem és “com” classificar uns atributs de l’alteració d’ús en superfície en relació amb els factors que els han condicionat – cinemàtica i matèria treballada.

En primera instància es té control sobre l’Estat Inicial així com sobre l’Estat Final òptim, mantenint-se bastant fora d’interès l’Estat Intermedi –procés de formació de l’alteració d’ús.

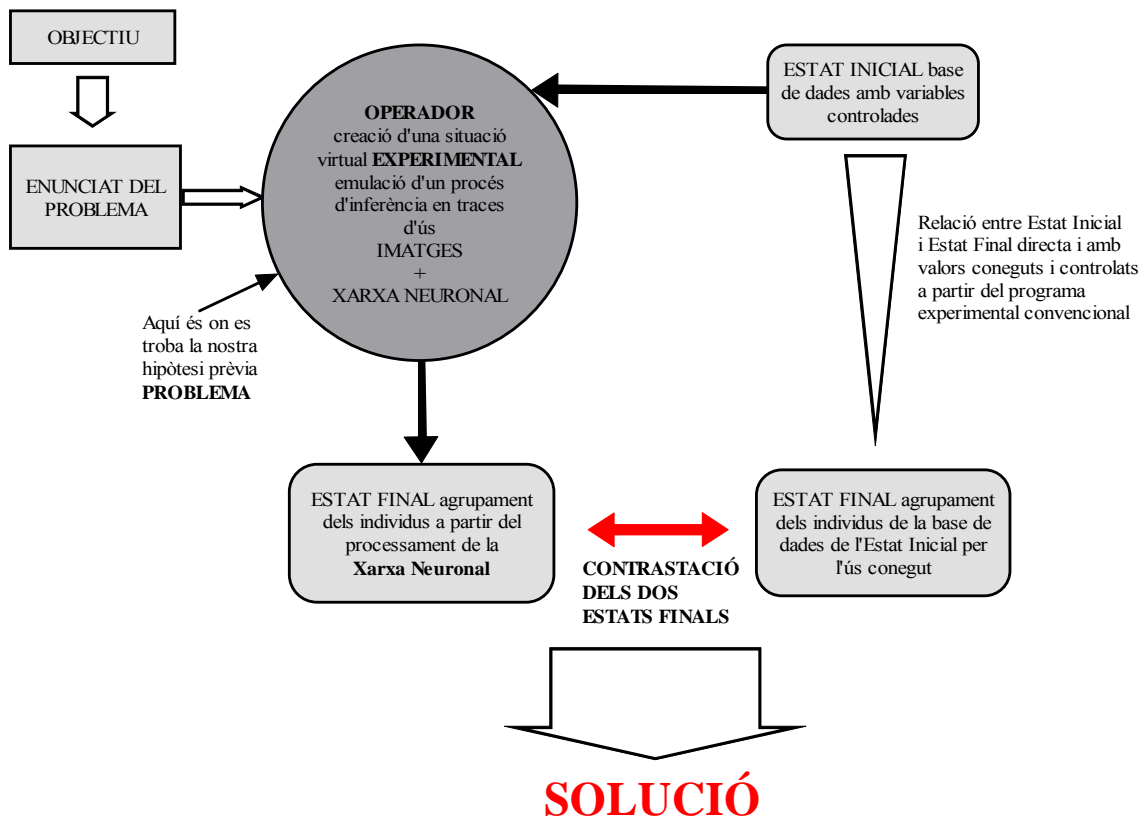


Figura 2·4 – Esquema lògic del projecte experimental del present treball.

En segona instància, tenim un Estat Inicial donat –uns atributs de l’alteració d’ús en superfície sense adscripció als factors que les han produït– i hem de crear un Estat Intermedi –una sèrie d’operadors que es corresponen al sistema de reconeixement de patrons que s’ha dissenyat– que ens condueixi a un Estat Final resultant (Figura 2·4).

Sobre allò que s’està experimentant és sobre l’Estat Intermedi del problema – sobre com s’està solventant el problema– i sobre el subsegüent Estat Final resultant. L’Estat Final aportat pels operadors del segon procediment s’haurà de contrastar amb l’Estat Final òptim –que seria la seva adscripció d’ús correcta, corresponent a la donada per l’Estat Final de la primera instància–. Així podem avaluar el marge d’error que el sistema de reconeixement de patrons ha tingut en la classificació donada. Com J.A.

Barceló diu “... *el estado final existe porque existe un estado inicial capaz de seleccionarla. Ahora bien, esta capacidad de selección no sólo depende del estado inicial mismo, sino del operador que va a ponerlo en relación con la solución. Es precisamente el hecho de aplicar un operador lo que establece la “función” o dependencia en cuestión.*” (BARCELÓ 1996b: 19). Així, la relació que hi ha entre l’Estat Inicial i el Final, articulada per l’operador, és un element de coneixement científic, “*que forma parte del conjunto de conocimiento en el que se ha enunciado el problema, el estado inicial y el conjunto de soluciones posibles*” (BARCELÓ 1996b: 19).

La resolució del problema no és tant lineal com es pot suposar pel plantejament anterior, sinó que s’ha de descomposar en Estats Intermedis per poder reduir la distància entre l’Estat Inicial i el Final. Haurem de cercar tants Estats Intermedis com siguin necessaris. Això se’ns farà més entenedor en el capítol 3 quan veiem les parts de que consta aquest Estat Intermedi i els subproblemes que en cadascuna d’aquestes parts es generen.

L’esquema del procés de descomposició es podria dibuixar com: “*Si se desea alcanzar el objetivo G y no se cumple la condición previa C, entonces, alcance previamente el subobjetivo C’*” (BARCELÓ 1996b: 21).

Els subobjectius o subproblemes han de resoldre els errors en l’execució del procediment per resoldre el problema. El coneixement d’aquests subproblemes genera metaconeixement, ja que ens proporciona coneixement o validesa al procediment per arribar a l’Estat Final. Arribar a aquest metaconeixement és imprescindible per a la resolució de problemes complexos.

El que es desprèn de tot això aquí expressat és que l’avaluació de l’Estat Intermedi –o el que és el mateix, dels operadors del problema– acaba prenent un paper principal en els objectius generals del projecte. Però en darrera instància, la solució d’aquests problemes intermedis genera coneixement bàsic sobre la solució del problema –bàsic també– que expressava en els objectius generals.

Deia anteriorment que podíem definir l’Experimentació com a un pas intermedi en la investigació científica. Recordem que l’Experimentació consistia en la reproducció d’un fenomen que es donava en la Naturalesa, fet pel qual nosaltres podíem realitzar un control qualitatiu i quantitatiu i fer inferències indirectes sobre el fenomen natural, a partir dels resultats donats per l’experimentació concreta. Recordem que una experimentació era sempre la representació d’un fenomen natural, però mai el fenomen natural mateix. En el nostre cas l’objectiu és clar: depurar una metodologia; és a dir,

solucionar un problema d'investigació mitjançant l'emulació d'un procés d'inferència humà a partir de la Intel·ligència Artificial. Estem contrastant una base de dades de la qual coneixem l'assignació dels valors dels individus que la conformen amb els resultats que ens seran donats després d'un procés d'inferència artificial. Tenim absolutament controlada la situació de l'Estat Inicial, però també alhora hem creat i controlem un Estat Final real òptim, on ja se saben quins haurien de ser els resultats correctes.

En el cas que els resultats donats no s'adaptin als coneguts podria ser per tres causes:

1. Per culpa d'uns operadors mal dissenyats: un Estat Intermedi que no té una continuïtat inferencial amb l'Estat Final òptim.
2. Perquè allò que realment falla és el procés d'inferència usat per l'investigador de traces d'ús i els resultats vàlids siguin els donats pel sistema de reconeixement de patrons. Seria una de les solucions possibles cercades en l'objectiu del projecte.
3. Indeterminació òptica del fenomen que implica la formació de les traces d'ús, el qual el fa enormement inaprehensible. Aniria lligat així mateix amb la segona font d'error.

Hi ha unes "quartes" causes, que serien combinacions vàries de totes tres. El problema principal acaba estant en si la inadaptació dels resultats és per la primera causa: l'ús d'uns operadors inadequats. Així, ens hem de preocupar per la producció d'un Estat Intermedi que doni respostes correctes. Recordem que ens trobem davant d'un projecte de caire experimental, on es vol controlar el desenvolupament d'un procés humà d'inferència, i és també per això que el vertader problema de fons està al punt central de la dialèctica entre l'Estat Inicial i l'Estat Final, coneguts i controlats totalment per nosaltres.

En el projecte ens interessa saber si els operadors que usa l'investigador de traces d'ús –l'extracció i la interpretació de les variables d'anàlisi per a la determinació de l'ús d'un instrument– per passar d'un Estat Inicial a un de Final estan correctament dissenyats.

Tanmateix, aquestes darreres idees sobre la font d'error són molt teòriques i, val a dir sincerament, que és molt difícil de dur a terme l'avaluació de les causes de l'esbiaix entre la classificació donada pel sistema de reconeixement de patrons i la classificació real de l'alteració d'ús. Per altra banda, la segona font d'error que es

planteja és poc menys que negar que l'alteració d'ús en superfície pugui aportar informació vàlida per a una diagnosi d'ús, fet que considero inacceptable. Negar la capacitat d'inferència a l'investigador que emprà el mètode convencional ho continuo considerant un excés. Així en conseqüència, l'única sortida real que honradament es pot considerar és que la font d'error procedeix del disseny d'operadors insuficients per assolir l'aprehensió del fenomen, mitjançant el procediment implicat en aquests operadors, que podria anar lligat també amb cert nivell d'indeterminació òptica que implica al procés de formació de les traces d'ús i a elles mateix per extensió.

2.4.1 La implementació d'un Pattern Recognition System per les traces d'ús.

Primeres passes.

Qui hagi llegit una mica bibliografia sobre tècniques d'Intel·ligència Artificial entendre el concepte de Sistema de Reconeixement de Patrons com una traducció al català de l'anglès *Pattern Recognition System*, íntimament relacionat amb Percepció Artificial. ¿A què ens referim quan hom parla de “Percepció Artificial”? (GOSE et al. 1996; VV.AA. 1998). Primer que res m'agradaria deixar clar que l'expressió és extremadament pretensiosa i l'equiparació amb la percepció biològica seria fruit d'una analogia forçada. La percepció biològica és un mecanisme de processament d'informació d'una complexitat tal que ara com ara és impossible de representar per sistemes electrònics. Així mateix, els seus mecanismes de funcionament són en gran part desconeguts, però no els seus resultats. Tanmateix podem parlar de “percepció” sense ser tan primmirats per a passar-la a entendre com aquells processos que donen sentit –que estructurin– un/s *input/s* sensorial/s, en el nostre cas una imatge¹³⁶. Val a dir que aquest “donar sentit” o estructurar es fa d'una forma més matussera en les tècniques computeritzades.

Pattern Recognition System pot ser entès com a mètode de classificació on es comprenen extracció de dades, enregistrament, pre-processament, segmentació, normalització, extracció de variables, classificació i post-processament. “*Pattern Recognition is an information-reduction process: the assignment of visual or logical patterns to classes based on features of these patterns and their relationships [...] The basic setting of pattern recognition is as follows. There is one unknown object presented as a set of signals or measurements in the input of a black box called a pattern recognition*

¹³⁶ Hi ha altres com els sons, per si algú queda en el dubte, que també es tracten en percepció electrònica.

system. At the output of the system, there is a set of predefined classes. In a more general setting, there is more than one object to be recognised. In that case, the classification of the subsequent or nearby objects may or may not be independent. The list of classes may also contain a special reject class for the objects the system is unable to classify” (VV.AA. 1998: 3).

En el treball present pretenc això mateix i la filosofia que hi ha al darrera del *Pattern Recognition System* és la que m’ha guiat tothora. Tots els passos del protocol procedimental que presento en el capítol 3 i 4 tenen una absoluta coherència amb la teoria exposada i en com ha de ser dut a terme el procés d’implementació del sistema. J. Lampinen, J. Laaksonen i E. Oja parlant de la necessarietat del processament d’imatge i del *Pattern Recognition* afirmen “[...] *the problem here is even more challenging because the observations are not in symbolic form and often contain much variability and noise*” i continua amb “*another term for Pattern Recognition is **artificial perception***” (VV.AA. 1998: 1).

Respecte al terme “*noise*” –“soroll”– evitant ara parlar dels seus tipus i de les causes que el provoquen –que exposaré en el capítol 3– “*The term noise is to be understood broadly*” (VV.AA. 1998: 5). El soroll provocarà uns marges d’error alts en quan passem a les fases de segmentació, normalització, extracció de variables, classificació i post-processament del *Pattern Recognition System*.

A fi de comptes el pre-processament, com ja he fet referència abans, té la funció de facilitar la tasca d’anàlisi a l’ordinador perquè “[...] *feature extraction problem [...] is that of extracting from the raw data the information which is most relevant for classification purposes, in the sense of minimizing the within-class pattern variability while enhancing the between-class pattern variability*” (VV.AA. 1998: 7). Donat que el funcionament és a partir dels valors del píxels, cal eliminar l’ambigüitat d’aquests i en funció d’allò que representen, sempre –en el meu cas– a partir del coneixement previ que tingui sobre allò que és un atribut d’una traça i el que no ho és. El pre-processament tradueix la imatge primera a un llenguatge senzill i adequat per a l’extracció de bases de dades per al processament estadístic i amb la Xarxa Neural.

Amb tot el que he fet fins ara, sols he preparat les dades pel seu processament i classificació posterior en grups. He augmentat la variabilitat inter-classes i reduït la intra-classes. En aquest projecte pretenc supervisar tot el procés informàtic, de creació i tractament de la base de dades d’imatge i d’extracció de les dades a partir d’aquestes; tot amb el meu coneixement *a priori* –i així afirmava que ens trobem amb un projecte de caire

experimental–. En cap moment he abandonat aquest model, que veurem com continua sent present en el desenvolupament del capítol següent.

Com he assumit en els objectius del projecte, aquests no són els de la creació d'un sistema per reconèixer automàticament les traces d'ús. Malgrat tot, se'm planteja l'imperatiu que necessito un sistema tal –per rudimentari que sigui– per poder implementar i analitzar els valors dels atributs de les traces d'ús –utilitzats i entesos com a variables d'anàlisi– d'una forma objectiva i consegüentment vàlida.

Com s'apuntava anteriorment, una de les ambicions més agosarades de la filosofia darrera el *Pattern Recognition System* és la implementació de sistemes amb la capacitat de percebre artificialment. Es tracta d'imitar les funcions dels sistemes sensorials biològics, presos com a model analògic –tal com plantejaven les bases teòriques de les Xarxes Neurals–. Lluny d'ambicions i pretensions prèvies –que per altra banda ja s'han vist ralentitzades per la dificultat de representar sistemes complexos com els biològics, que per altra banda són en part ben desconeguts encara en el seu funcionament bàsic–, des d'un punt de vista utilitari tenim la possibilitat de crear aparells que duguin a terme classificacions i distincions entre conjunts d'una forma més objectiva i unívoca que les convencionals humanes –fet que s'aplica absolutament a les anàlisis de traces d'ús.

Un sistema tal, més que percebre, allò que fa és analitzar quadrícules de valors numèrics –les imatges–, interrelacionant-les cara a trobar patrons en funció d'unes categories donades; amb un mecanisme generalitzador no-lineal. Tot plegat, sembla bastant lluny dels mecanismes biològics que capten imatges de la realitat en moviment continu –en tres dimensions– i duen a terme un procés de segmentació i processament continu i quasi instantani –depenent de la significació que l'objecte percebut té en relació a les seves necessitats, interessos i perspectives com a espècie biològica en si. Això ja és tema del següent capítol 3.

3- Qüestions teórico-metodològiques i protocols de treball pel processament estadístic.

3·1 L'elaboració de la col·lecció de referència de traces sobre instruments lítics.

El primer pas per a la consecució del projecte d'investigació fou el desenvolupament d'un programa experimental d'activitats de treball plausibles en societats amb tecnologia lítica. El programa experimental no té gaire de particular respecte als convencionals desenvolupats en anàlisis de traces.

Com en tot programa experimental, defineixo i aïllo els factors que intervenen en el procés natural. En el meu cas he tingut interès per “cinemàtica” i “matèria treballada”. Les cinemàtiques es redueixen a “transversal” –accions en què el tall actua perpendicular a la direcció del moviment– i “longitudinal” –accions en què el tall actua paral·lel a la direcció del moviment–. L'homogeneïtat del moviment i la similitud en la consecució entre els diferents experiments és més alta en el moviment longitudinal, doncs l'acció és més homogèniament guiada pel propi tall. Ans al contrari, el moviment transversal permet –o “obliga a”– una major variabilitat d'angles d'enfrontament, car el tall queda lliure respecte a la matèria treballada i és molt complicat mantenir durant tot el temps de durada de l'experiment el mateix angle d'enfrontament –o de treball¹³⁷.

Les matèries treballades que tenim en compte són: “fusta” –tant en estat fresc com sec–, “pell” –igualmente en estat fresc i sec–, “os” –en estat fresc per considerar que és un treball més plausible d'haver-se produït en un passat, donades les seves millors qualitats plàstiques–, “petxina” –d'una mateixa espècie i duresa majorment– i “descarni” –despeçament de l'animal, cosa que també comporta el contacte tant amb tendó com amb os, tot i que evidentment en menor mesura que amb la carn.

Posteriorment a la determinació de les cinemàtiques i les matèries treballades que ens interessaven, calia fer la combinatòria de tots dos factors per tenir les categories d'ús. Aquestes queden reflectides en la taula 3·1·1.

Els criteris per al nombre diferencial de casos i de combinació de factors per crear les diferents categories –que aparentment no estant compensades– han combinat la necessitat de fer una mostra significativa estadísticament amb una mínima variabilitat i

¹³⁷ Aquest fet, com veurem, tingué un reflex en el resultat que obtinguerem en el treball que presento i que cosigno acompanyat amb A. Toselli, J.A. Barceló i A. Vila (TOSELLI et al. 2005).

la plausibilitat d'una sèrie de treballs, així com també –només en part– la dificultat de dur a terme experiments amb certes matèries treballades.

Tanmateix, la variabilitat de la mostra experimental no m'ha amoïnada excessivament, doncs la variabilitat que realment ens preocuparà en el present treball és la de les imatges digitals que fem. És a dir, les imatges que podem obtenir en una mateixa peça o experiment són tan dissimilars o similars entre si com les que podem obtenir en una altra peça o experiment del mateix tipus. Com veurem, això ha provocat que haguem obtingut diferent nombre de fotografies per cadascun dels experiments.

Matèria Treballada	Cinemàtica	Estat	Codi	Nombre d'experiments
Fusta	Tallar	Fresca	TFF	16
	Raspar	“	RFF	17
	Tallar	Seca	TFS	17
	Raspar	“	RFS	17
Pell	Tallar	Fresca	TPF	4
	Raspar	“	RPF	6
	Tallar	Seca	TPS	17
	Raspar	“	RPS	17
Os	Tallar	(irrellevant)	TO	33
	Raspar		RO	33
Petxina (Mineral)	Tallar	(irrellevant)	TM	33
Descarni	Tallar (Raspar - Descarnament)	(irrellevant)	DC	14

Taula 3-1 – Mostra experimental de la col·lecció de referència d'on s'han extret les imatges.

Respecte a “plausibilitat de la categoria” em refereixo a la plausibilitat d'haver estat una acció de treball “quotidiana” en societats passades o plausibilitat respecte a aquella matèria treballada. És a dir, un treball de descarni d'un animal, tot i dominar l'acció de tall no es pot entendre netament sota aquest cinemàtica de forma unívoca. Per altra banda resultaria vertaderament absurd raspar un tall de carn; no és aquesta una acció que ens consti en cap procés de producció real per al processament de la carn.

En el cas de la petxina, l'acció de treball que reproduïa era amb la intenció d'aconseguir la seva perforació. En lectures sobre processos de treball en petxines amb

la intenció de perforar-los cara al seu ús com a elements ornamentals, es pot veure com hi ha diverses formes de dur a terme aquesta fi. Poden ser accions de percussió, accions de desgast per fricció amb una pedra –sorrenca per exemple, similar a pedra d’esmolar– o bé per simple tall per la zona posterior d’unió entre les dues valves, amb una forta curvatura que permet la seva perforació amb menor temps de treball. Em vaig decidir per dur a terme aquesta acció de treball, longitudinal –de tall– per considerar que podria ser comparable amb la d’altres matèries dures com longitudinal amb os. En un cas arqueològic considero que serien dues accions que podrien comportar dificultats mitjanes d’identificació òptima, per la qual cosa considerava interessant la contrastació. En canvi, el treball de perforació per moviment circular d’una punta no estava representat en les altres categories de matèria treballada i el de perforació per fricció transversal en el cas de la petxina es fa sobre superfície d’una pedra i no sobre el seu tall –com de fet són la resta de treballs transversals sobre la resta de matèries treballades.

Amb aquests arguments considero que l’aparent esbiaix de la mostra no és tal, doncs està basat en imperatius operacionals i en hipòtesis prèvies que guien el programa experimental en què està basat el projecte.

La limitació dels factors formatius d’interès a dos ha estat de caràcter exprés per no crear una explosió combinatòria de factors que multiplicaria el nombre d’experiments necessaris lluny dels objectius del present treball. Considero per altra banda que, entre tots els factors formatius, els que en són essencials per a la determinació d’ús –en l’interès de determinació de processos de treball– resulten ser “cinemàtica” i “matèria treballada”. Tanmateix, com ja he fet palès en les observacions teòriques i en la meua perspectiva del procés de formació de traces d’ús, l’essencialitat que jo atorgo a aquests dos factors és una cosa i la realitat de la formació una altra. Així per exemple, altres factors com “angle de treball” i “angle del tall en ús” s’han mantingut majorment estables dintre dels marges en què l’acció de treball fos eficient –és a dir que actuï transformant la matèria treballada amb un mínim de poder–. Així mateix, el temps de treball es limitava al temps mínim en què de l’instrument es pogués extreure un nombre d’imatges digitals mínim –entre 3 i 9 depenent de la categoria d’ús; ja en parlarem d’aquest aspecte més tard–. D’aquesta forma ha resultat que el temps de treball per a cada experiment dintre de cadascuna de les categories ha estat molt proper.

També cal apuntar que vaig fer que el factor “matèria primera lítica” romangués estable. Vam seleccionar un sílex de la Dordonya, majorment Gran Pressigny, amb color similar i amb un color de fons fosc. Amb això m’assegurava de mantenir constant

el color de fons en les imatges digitalitzades –factor necessari per fer les imatges comparables entre sí; insistirem més tard sobre el tema–. També amb l’elecció d’aquest color de fons –més aviat fosc– ens asseguràvem que fos contrastant amb l’alteració d’ús en superfície que es desenvoluparia a sobre –més brillant generalment (Figura 3·1).

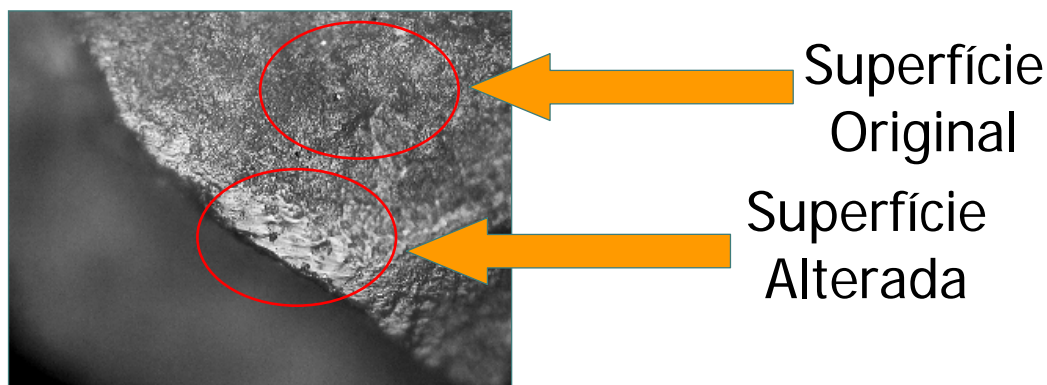


Figura 3·1 – La superfície alterada al sílex se sol definir per una major brillantor, deguda al desgast i allisament de la superfície per fregament. La llum, llavors, es reflexa a sobre de la superfície amb angles més homogenis que l’agreguen més, donant una aparença més brillant a l’ull humà. Pel contrari, sobre la rugosa superfície no-alterada, la llum es dispersa majorment en diferents angles, donant com a resultat una aparença més fosca. Aquest contrast llum/fosc és la clau per permetre la distinció entre l’alterat i el no-alterat, tant en anàlisis convencionals com en el present treball.

Serà sobre les traces resultants en aquests experiments que durem a terme la creació de la col·lecció d’imatges digitals, base de dades primària del processament estadístic i amb les Xarxes Neural.

3·2 El procediment de extracció i processament de les imatges i dades derivades.

Com podrem veure a continuació, la teoria exposada fins ara ens aclarirà molts d’aspectes que justifiquen l’ús dels procediments emprats. Aquest procediment en si resulta ser força complex, no tant per la seva lògica com perquè comporta l’ús combinat de diversos programaris informàtics. L’important del procediment en si no és l’ús de tecnologia, sinó que la metodologia o protocols procedimentals, els quals resulten ser altament mal·leables sense perill a perdre l’objectivitat de l’anàlisi; insistiré més tard sobre aquest aspecte. Fujo així dels típics esnobismes que sovint van lligats amb l’ús de tecnologia de computació, on acaba sent més important la màquina emprada que no el procediment ni el coneixement vàlid extret, que sol ser nul o bé simples bertranades.

El procediment general es pot resumir en quatre parts:

- Captació de les imatges d'alteració d'ús en superfície mitjançant microscopi òptic de llum reflectida i càmera digital adaptada a aquest.
- Valoració de la qualitat de les imatges i selecció de les àrees més enfocades.
- Extracció de les zones alterades per ús mitjançant la discriminació dels elements de textura (tèxels) que les defineixen i el seu registre en bases de dades numèriques.
- Posteriorment i en darrera instància, sobre les bases de dades de tèxels duem a terme el processament estadístic i amb Xarxes Neurals.

3·2·1 El procés de captació de les imatges.

En aquest pas, els únics aspectes a definir són la necessitat de mantenir constants: 1) les condicions de llum, 2) el microscopi òptic de llum reflectida que fem (model Olympus BH2-UMA) –per facilitar que 1) es compleixi majorment– i 3) el mateix nivell d'observació a X200 augment. Factors com l'orientació global de la superfície fotografiada –la lítica– es va intentar en la mesura del possible que romanguessin constants per tots els mitjans a l'abast, mirant que la superfície lítica s'orientés paral·lelament a la lent del microscopi per obtenir angles de reflexió de la llum incident perpendiculars. L'angle de reflexió de la llum condiciona enormement els valors que d'ella obtindrem en l'instrument de captació de la imatge; insistiré sobre aquests aspectes en el subcapítol 3·2·2·2.

3·2·1·1 Els instruments d'observació.

En les disciplines o camps de la ciència on haguem d'emprar instruments de suport que mediatitzin el procés d'observació hem de conèixer aquests instruments, cara a saber de quina manera condicionen el procés d'observació i intervenen en la formatització de les dades subsegüents extretes. Aquest és el cas de les anàlisis de traces d'ús.

L'ús d'instruments de suport a l'observació permet l'accés a nivells de la Realitat abans insondables. Amb tot, allò que aconseguim percebre no és simplement com si veiéssim el mateix objecte en una mida major, doncs es produeix un cert grau de “deformació” gens negligible. Si ja l'observació mitjançant els sentits és en gran mesura

una interpretació, ara hem de sumar uns altres efectes que formatitzen la representació de l'objecte d'observació.

P. Feyerabend, per exemplificar la controvèrsia que es pot generar a partir de l'instrument d'observació, recorre al debat mantingut per Galileu amb els astrònoms de la seva època (FEYERABEND 1974). Galileu afirmava que la Lluna era un cos de superfície irregular que presentava muntanyes i cràters. Això contradeïa el model aristotèlic majorment assumit, en el qual s'explicitava que la Lluna era un cos perfectament esfèric i de cristall. Aquells que negaren Galileu al seu moment adduïen que les seves observacions errònies estaven relacionades amb defectes en l'instrument d'observació –el telescopi– que deformava la imatge que rebíem del cos celest. Més enllà del fet que el detractors de Galileu es recolzessin més en el principi d'autoritat que en evidències externes comprovades, val a dir que els telescopis de l'època eren prou limitats en les seves possibilitats i que l'argument que empraren no era tan pres pels pèls. Un coneixement concret de “en què” consistien aquestes deformacions hagués desautoritzat els detractors de Galileu. Per recolzar teories completes –és a dir, per poder contrastar eficientment un tipus d'hipòtesi més agosarada del que permeten els mitjans– cal explicitar i estudiar els aspectes referents a la Teoria de l'Observació que s'hi impliquen.

N.R. Hanson en dóna un altre exemple, on es posa sota tela de judici l'instrument d'observació, relacionat aquest amb la teoria cel·lular (HANSON 1977: 77-79; T.O. 1958). Els biòlegs discutiren durant llarg temps sobre l'existència de “l'aparell de Golgi”, un mecanisme amb una sèrie de funcions a l'interior de la cèl·lula. Finalment es va descobrir que l'òrgan observat era el resultat artificios de l'aplicació de tints aplicats sobre la mostra, cara a millorar el contrast durant el procés d'observació mitjançant microscopi. Els filtres poden realçar “coses” presents en la Realitat, però també poden actuar com a distorsionadors i condicionadors d'allò que s'observa, podent arribar a provocar la detecció de “coses”, d'aparences i de fenòmens, que en condicions normals no existeixen.

Problemes similars ocorren amb l'observació mitjançant microscopi òptic de llum incident o reflectida, fet que denuncia S. Yamada; els relleus s'exageren i en conseqüència es realcen estries i el “micropolit” pren l'aparença d'una “deposició” (YAMADA 1993: 436). És molt important apuntar aquestes particularitats, doncs segons l'autor aquesta deformació ha provocat una sèrie d'equívocs observacionals que han desembocat en la teoria del gel de sílice i la redeposició del sílice amorf.

En anàlisi de traces d'ús es pateixen grans amnèsies respecte als aspectes que incumbeixen l'observació per microscopi. Tots els traceòlegs sabem sobradament que les superfícies alterades per ús observades al microscopi prenen una brillantor exagerada resultat de la incidència de llum artificial. Més explícitament, sense la llum incident focalitzada aquestes superfícies no es distingeixen tan espectacularment del seu entorn inalterat. Tanmateix, contínuament s'insisteix en considerar una qualitat objectivament definitòria de les alteracions en extensió a la major/menor brillantor.

En el nostre treball, donat que treballem amb imatges –fotografies– digitals, és molt important controlar les condicions de lluminositat durant la presa. En el cas del microscopi òptic això s'aconsegueix regulant el corrent d'energia i per extensió l'emissió de llum. També s'ha de tenir en compte l'obertura del diafragma de la lent.

Tanmateix, els efectes que S. Yamada veia perniciosos per a l'observació del micropolit ens poden fins i tot ser útils. Les exageracions en el relleu de les alteracions d'ús milloren el contrast i realcen característiques que, tot i que deformades, corresponen a quelcom real. Val a dir que S. Yamada no ho considera així, doncs amb els resultats de l'observació no es pretenia sols fer una classificació del “micropolit” per usos, sinó que una inferència sobre les causes de la seva formació, fet que òbviament obliga a observar l'objecte sense filtres que puguin enganyar sobre l'expressió quantitativa de les característiques reals de l'objecte. El seu problema és llavors que el microscopi òptic no és l'instrument adequat pels objectius fixats en aquest treball d'investigació.

El principal defecte de l'observació mitjançant microscopi òptic és l'escassa profunditat de camp, que provoca que en el plànol d'observació apareguin àmplies àrees desenfocades. Òbviament, la representació de les característiques significatives per distingir l'alteració d'ús en superfície és nefasta. La solució per la qual nosaltres hem optat ha estat cenyir-nos a l'anàlisi de les àrees més enfocades, retallant-les de la imatge original primera. Això ha comportat treballar amb mostres petites i escales menors, però creiem que aquesta pèrdua de visió general queda compensada per la qualitat que obtenim en la definició de les característiques de l'alteració d'ús en la imatge.

3.2.2 Conceptes previs sobre les tècniques d'imatges digitalitzades.

Per començar aquest subcapítol, cal que fem unes especificacions teòriques de segon ordre que són cabdals per comprendre el plantejament de la praxis subsegüent. Es basa

en bona part en el desenvolupament del concepte de textura, temes relacionats amb la teoria de la imatge i de la imatge digital, així com de conceptes derivats –píxel i téxel–. Remeto així mateix a la teoria de primer ordre ja expressada en el capítol 2 –subcapítols de Teoria de la Visió, el problema de les categories i classificació i medicació– per comprendre la base en la qual he basat la praxis metodològica.

Al llarg del present escrit s’ha anat fent referència continua a les tècniques d’imatges digitalitzades. Possiblement, en certs moments algú ha pogut caure en el malentès que se les presenta com una panacea contra els problemes de subjectivitat de qualsevol tècnica o mètode que tinguin en la visió una eina de treball imprescindible. Això és completament fals per dues raons. La primera és que, a fi de comptes, aquells que estem fent funcionar l’ordinador som nosaltres i nosaltres definim bona part del procés mecànic de l’ordinador i totalment les bases teòriques de les quals parteix el nostre projecte i problemàtica; llavors els errors humans continuen sent possibles. I la segona perquè les tècniques d’imatges digitalitzades tenen una sèrie de limitacions –que ja aniré explicitant– així com evidents problemes –alguns comuns a la captació humana de la realitat a partir de la informació lumínica– que no són banals en absolut.

Malgrat tot creiem que els avantatges són dominants i sí ens poden ajudar a la conclusió satisfactòria dels nostres objectius. Aquests avantatges estan basats majorment en les possibilitats de control sobre el procés d’inferència global –captació, implementació de variables a partir del tractament de les imatges, processament posterior...– que permeten les tècniques computeritzades.

3.2.2.1 La “textura” com a concepte de definició dels objectes.

Els objectes reals poden ser descrits o representats a partir de paràmetres que els contextualitzin en l’espai i el temps en què existeixen i que comparteixen. Aquests paràmetres, analítics i abstractes en bona mesura però comesurables a propietats reals ontològiques, els he definit com “magnitud”, “composició”, “localització”, “forma” i “textura”. Els quatre primers poden ser fàcilment aprehesos en el seu sentit explicatiu. La “magnitud” referiria al volum-pes de l’objecte; la “composició” a tots aquells elements que el conformen i que el defineixen com a tal; la “localització” seria l’ubicació espacio-temporal, relativa amb altres objectes evidentment, i la “forma” els seus contorns definitoris com a tals. En la “textura” està la clau d’un concepte que, tot i que tots tindriem el coratge de donar una definició, ens seria més difícil de circumscriure amb tanta especificitat com els anteriors. La “textura” es refereix a la

irregularitat o discontinuïtat de la superfície de l'objecte. Aquesta irregularitat alhora es pot definir sota els paràmetres de “magnitud”, “composició”, “localització” i “forma” del elements que la conformen. Evidentment el concepte de “textura” –a partir d'ara sense cometes– és summament abstracte. La seva caracterització o quantificació s'ha de fer a partir de la discriminació dels elements que la conformen, que en pertànyer al mateix medi continu de l'objecte poden perfilar-se de forma parcialment arbitrària, segons allò que en ella vulguem destacar.

En el nostre cas, posant com a exemple l'objecte real que és un instrument lític, la informació que d'ell obtenim a nivell de la investigació arqueològica és feta a partir de les valoracions de magnitud, composició, localització i forma. La textura, entesa en la praxis com l'observació de trets de la seva superfície, ha estat generalment oblidada. En les anàlisis de traces d'ús obtenim informació a partir de l'observació de la textura dels objectes lítics. Com dèiem, aquesta definició de paràmetres és summament abstracta, que no irreal, doncs en la realitat aquests paràmetres estan íntimament relacionats. És a dir, que en el nostre procés d'inferència no podem separar la magnitud, la composició, la localització, la forma i la textura com paràmetres que responen a conjunts d'informació excloents i no complementaris. L'anàlisi de la textura d'un instrument lític ens posa en contacte amb els processos de canvi soferts per la superfície, que alhora entronquen i estan interrelacionats amb aspectes de l'objecte com la magnitud, la composició, la localització i la seva forma. Les interpretacions funcionals de l'instrument per a estar ben fetes han d'integrar les informacions d'aquests aspectes.

Algú pot creure que amb la definició de la textura a partir de paràmetres que alhora actuen en una escala superior a ella, creem un bucle defintori que comportaria una irregularitat epistemològica. Res més lluny de la realitat; des del moment que estem creant conceptes de caire analític que no impliquen la perspectiva òptica de l'objecte, sinó que només pretenen organitzar i facilitar la seva aprehensió, aquest procediment esdevé absolutament vàlid. L'únic que fem és canviar de nivells d'observació, d'un de macro a un de micro, d'un objecte particular, discontinu i autònom respecte a la realitat en la que es mou a la definició de la superfície continua del mateix objecte. Algú podria dir llavors que hi ha una “textura de la textura”, però no és així; pot haver-hi diferents nivells d'observació de la textura, però la textura per definició refereix a la irregularitat de la superfície d'un medi continu.

Així mateix és fàcil intuir que el concepte de “textura” respon majorment als aspectes de caracterització visual dels objectes. És en aquest sentit que té significança analítica. Se’ns fa adient per aquesta raó, tenint-lo en compte com a concepte que ajuda a articular una teoria de la imatge. Però per començar a desenvolupar proposicions al respecte, hauríem de tenir clar que és una imatge visual, amb la qual cosa hem d’anar a parar a parlar del tema de la percepció, plantejament en el qual es desenvolupen molts dels problemes que afecten les anàlisis de traces d’ús.

Sobre el concepte textura com a referent a aspectes descriptius és necessari que tinguem clar la seva concepció abstracta i estàtica. Llavors, com a estàtic que és no refereix a la dimensió temporal de l’objecte, alienant-lo d’aquesta perspectiva per a poder fer-lo intel·ligible. Tenim en compte la textura de l’objecte en un moment donat de la seva existència com a tal –en el nostre cas atrapat en una imatge que representa l’estat de l’objecte i la seva textura en aquest moment–. La realitat, però, és que les propietats de l’objecte que es sintetitzen en la textura de l’objecte van variant i amb elles la textura. La textura de l’objecte real és canviant i no aprehensible si d’ella no en fem abstracció i “l’atorem” amb la càmera fotogràfica.

3·2·2·2 La imatge digital.

Per definir allò que és una imatge visual m’agradaria primerament sintetitzar i recordar tot el dit en el sub-capítol 2·2·3 respecte a Teoria de la Visió per donar una definició sobre què és una imatge visual convencional tal com la captem els humans, “biològica” –entre cometes, doncs tampoc és unívocament definible sota aquest terme–. Una imatge visual és una representació de la realitat circumdant a l’objecte captador que l’ha pres. Aquest objecte darrer és un sistema que disposa d’un element amb la propietat de la foto-sensibilitat: l’ull. Però molt més important que l’ull és el cervell, mecanisme aquest que és dotat de la capacitat de trobar estructures dintre de l’*input* aportat per l’ull. Tanmateix, deixant de banda el paper del cervell, ja àmpliament explicat, i anant a la representació bàsica, en brut i sense estructurar, veiem que aquesta en definitiva és una modelització d’un espai a partir de l’aglutinament de fotons de diferents intensitats de llum en un punt espacial concret, en principi sense sentit ni ordre ni concert.

És molt important recordar aquesta interacció entre entorn i captador per entendre en tota la profunditat les implicacions que es desprenen de què és la imatge. No em refereixo als aspectes de la subjectivitat de la percepció, els quals estan més relacionats amb la visió cerebral que no amb la captació de la imatge en l’ull, sinó que

al fet que mínims canvis en les condicions de posició dels objectes, d'intensitat de la llum en el medi,... es configuren imatges especialment dispars sobre un mateix objecte (Figura 3-2).

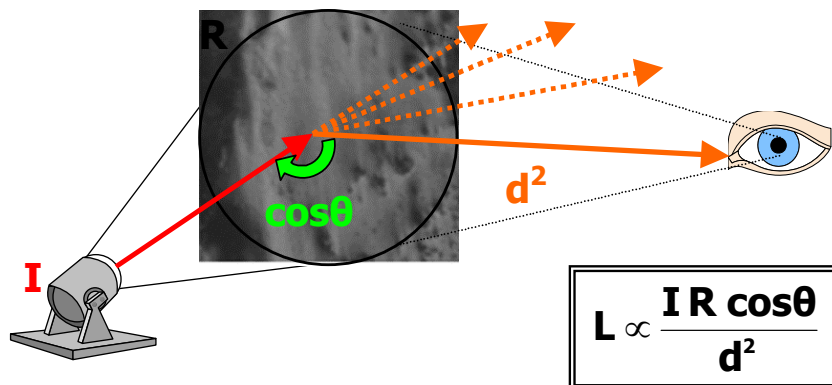


Figura 3-2 – Factors que intervenen en la lluminositat rebuda per l'instrument de captació: La llum emesa (I) reflecteix a una superfície que per la seva qualitat intrínseca posseeix un albedo (R), o comportament de reflexió de la llum, i per la seva situació provoca un angle de reflexió determinat (cosθ) que dispersarà major o menor quantitat de llum. Finalment, la llum orientada vers l'instrument de captació també perd intensitat en funció de la distància recorreguda fins aquest.

El sistema treballa des de la textura de l'objecte –la dispersió dels valors de lluminositat– i els canvis operats en aquesta en diversos moments –per extensió de la dispersió de la lluminositat–, els quals estan relacionats amb canvis:

- en la intensitat de la llum dependent de l'objecte emissor d'aquesta i que reflectirà sobre la superfície de l'objecte.
- en l'angle de reflexió de la llum sobre l'objecte, el qual es torna més variable dependent de la rugositat de la superfície reflectant, i l'angle en el qual es trobi la superfície general de l'objecte.
- en l'angle d'arribada de la llum reflectida a l'instrument de captació, en relació als factors anteriors i als que se suma una deformació de la imatge pels seus extrems –bé de tipus ortogonal en el cas de presa d'imatge rectangulars o circular per l'entrada del diafragma del microscopi–. Aquestes deformacions consisteixen en una exageració de la grandària quan més anem cap als extrems de la imatge, efecte de l'agusament dels angles d'arribada de la llum a l'instrument de captació.

- en la variabilitat de la reflectivitat de la matèria sobre la qual reflecteix –albedo–, dependent de la heterogeneïtat de la matèria de l'objecte que observem.
- en canvis de profunditat bruscos en l'entorn o dintre de l'objecte que pretenem captar en funció de la seva irregularitat. En observació amb microscopi òptic això es traduiria en desenfocaments de la imatge i àrees fora del tall –les quals enfoquen al buit i apareixen negres generalment.
- en canvis deguts a la projecció d'ombres en la superfície de l'objecte, relacionats majorment amb la rugositat de la superfície de l'objecte que es capta.

En el cas de les imatges digitals aquests condicionants s'especifiquen d'una forma concreta, així com també se n'hi sumen d'altres:

- instrument de captació, és a dir la càmera fotogràfica que fem.
- microscopi mitjançant el qual ampliem i localitzem les àrees d'interès.
- opció que decidim de si obtenir les imatges mitjançant captació directa per l'ús de càmera digital o bé per posterior escanejat de fotografies convencionals en paper –problema molt usual quan tractem amb treballs antics, on l'escàner era d'ús corrent.
- condicions de lluminositat durant la presa, que en el cas de microscopi òptic afecta tant a la potència energètica de l'emissor de llum com a l'obertura del diafragma pel que fa a l'instrument de captació i microscopi. Així mateix, també hi ha molts altres aspectes que fan referència a la mostra –albedo, angle de la superfície respecte a l'objectiu, microrelleu de la superfície...
- escala de l'anàlisi; és a dir, els augments als quals estan preses les imatges, condició que ha de romandre estable per poder fer comparacions entre elles.
- *software* emprat pel tractament, doncs no tots els programes d'imatges digitals llegeixen idènticament les imatges ni disposen dels

mateixos instruments per tractament –malgrat que molts cops aquests es denominen igual en diferents programes.

- *threshold* que es decideix com a segmentador significatiu de les àrees d'interès, que implica alhora criteris per seleccionar-lo –els quals s'han d'extreure de sondejos previs.
- llenguatge de codificació digital que s'empri per emmagatzemar les imatges.
- ... i altres més que no venen ara al cas o que possiblement no siguem conscients que existeixin.

Aquests factors, en ser fàcil mantenir la seva estabilitat, no han de causar problemes de mostreig com alguns dels anteriors. De tots ells, el que podria causar-nos més problemes seria el dels mecanismes de la càmera digital per regular la saturació i el contrast, els quals, donat que estableixen la entrada de llum dintre del sistema, configuren un *input* transformat que no respon exactament a les intensitats de llum reals¹³⁸. En general, la solució a tots aquests problemes passa per intentar mantenir constants tots els factors enumerats, cosa que a efectes reals és difícil i comporta en alguns casos un cert marge d'error ineludible.

Tots aquests condicionaments de l'entorn, com ja hem tractat, són solventats per mecanismes cerebrals d'una forma especialment eficient, però quan tractem amb tècniques de “percepció artificial” són de difícil solució. Per exemple, per a un sistema d'aquest tipus dues imatges de cares humanes preses sota les mateixes condicions de llum són molt més similars que no la mateixa cara sota diferents condicions de llum (Figura 3.3). La intenció del capítol 2.2.3 era fer palesa la complexitat extrema del mecanisme de visió, complexitat que per l'ús quotidià que en fem no som capaços de ser-ne conscients.

El problema de la llum és diferentment enfocat pels sistemes biològics i el sistemes computeritzats. Els matisos de color que pot acceptar l'ull no es pot equiparar amb la gradació en unitats estrictes de les imatges digitals. Hi ha diverses maneres d'emmagatzemar la informació de color –intensitat de la llum en imatges digitals– i cap

¹³⁸ Aquest mecanisme també existeix en el cas de la visió humana, que regula mitjançant la dilatació o estretiment de la retina la entrada de llum al glòbul ocular, evitant ceguesa per excés o manca d'intensitat fotònica. També empram mecanismes de contrast, els quals ens ajuden a definir els objectes en el seu entorn, sent aquesta una funció més cerebral que òptica. En definitiva, el cas és que les imatges que nosaltres observem també sofreixen un tractament previ, absolutament necessari per permetre la visió.

d'aquestes es pot considerar com més adaptada a la realitat del fenomen de la llum¹³⁹, ni tampoc al sistema biològic humà de visió. En cert sentit, l'escala de 256 nivells de grisos estipulada en programes d'imatge digital és arbitrària; la quantificació resultant no és a partir d'unitats que es troben en la realitat. Però no és això quelcom que ens hagi de preocupar més enllà de la reflexió ontològica preventiva, donat que aquest mètode de representació és suficientment adequat per representar la fenomenologia de la variabilitat de les intensitats de llum.



Figura 3-3 – La diferent incidència de la il·luminació sobre un objecte pot provocar que aquest assumeixi aparences força diferents. Un computador pot arribar a interpretar-les com a objectes diferents.

Parlar d'imatges digitalitzades comporta fer una primera al·lusió ineludible al terme i concepte de "píxel". La paraula píxel respon a l'abreviació de *picture element*, o "element d'imatge" (Figura 3-4). El píxel és la unitat mínima que defineix la imatge digital. Correspon a un punt amb una lluminositat donada en un interval de valors i que té una localització espacial donada en una quadrícula; tots els píxels en composició donen allò que és la imatge general. Forçant l'analogia, el seu corresponent en les imatges cerebrals seria cadascun dels senyals rebuts pels cons i bastonets de la retina –a partir de la incidència dels rajos lumínics–, transferits posteriorment en forma d'impulsos elèctrics al cervell, lloc on desapareixen com a tal per a integrar-se en la formació d'una imatge global¹⁴⁰. Així podem sobreentendre que aquests senyals bàsics

¹³⁹ De fet, ni el sistema biològic humà és adaptat a la realitat del fenomen de les radiacions electromagnètiques, doncs no percep la totalitat de les longituds d'ona existents.

¹⁴⁰ Aquest procés d'integració és encara prou desconegut actualment, almenys en els seus detalls de desenvolupament fàctic.

no tenen cap paper en l'anàlisi que fem a partir de la contrastació de les imatges, de caire totalment mental (veure subcapítol 2·2·3). Entenem la imatge com a un element estructurat en unes formes, i això ja es un procés plenament mental.

En conseqüència, és fàcil entendre que els píxels presos independentment poca informació ens donen. Per poder fer quelcom útil amb ells hem de posar-los en relació amb la resta de píxels que conformen la imatge, i això ho duem a terme en primera

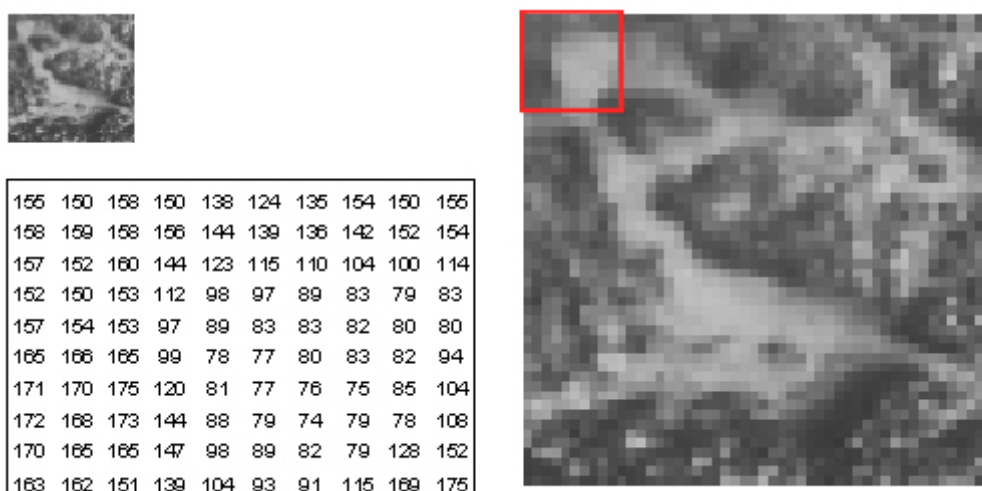


Figura 3-4 – La imatge digital com a objecte matemàtic. La imatge digital és formada per “píxels”, que són punt ortogonals amb un valor de lluminositat i una localització concreta dintre de la quadrícula que conforma la imatge expresable amb coordenades cartesianes. En la figura podem observar com una petita àrea d’imatge que es veu nítida a ull nu (esquerra dalt) evidencia la seva formatització en píxels en quant augmentant la seva mida la mirem al detall (dreta). A l’esquerra baix veiem els valors numèrics que corresponen a l’àrea enquadrada en vermell de la imatge de detall augmentada a la dreta.

instància a partir del valor lumínic del píxel i la seva localització espacial en la quadrícula de píxels. Quan treballem amb imatges digitalitzades, l’instrument de captació –la càmera digital– pren una imatge en dues dimensions i la codifica en una quadrícula de píxels. La configuració d’aquesta quadrícula depèn de la qualitat de l’instrument de captació i del de recepció, a part d’altres configuracions a assignar que depenen de nosaltres mateixos; ens referim a:

- * Resolució
- * Color o escala de grisos
- * 256 tonalitats de color o grisos o altres configuracions

El programari per a processament d'imatges digitals treballa amb els valors d'aquesta quadrícula de píxels i d'altres valors que haguem donat en la configuració. Per a l'ordinador la imatge és sols una munió de números que són interpretats pel seu valor propi, així com interrelacionant-se amb els valors dels píxels del seu voltant immediat (Figura 3·4). Aquesta interrelació espacial de valors lumínics és el principi del concepte de “textura” en anàlisi d'imatges digitals. És en aquest sentit que el concepte de textura ideat per a la definició dels objectes naturals es pot considerar analògic a l'emprat pels especialistes en tècniques d'imatges digitalitzades. En aquestes tècniques la textura es pot definir com l'estructura de la variabilitat de la lluminositat, coherent amb la irregularitat que es dona en la realitat de l'objecte observat. En el cas de les traces d'ús aquestes irregularitats corresponen a les produïdes en la superfície lítica de l'instrument a causa de la fricció amb la matèria treballada.

3·2·2·3 El téxel: l'objecte d'estructuració de la imatge.

Si realment una imatge o conjunt d'imatges digitals representen objectes recurrents en la Realitat, és necessari que presentin estructures superiors al píxel; és a dir, que s'estableixin relacions espacials i de valors lumínics entre els píxels, les quals han de resultar recurrents, alhora que tenir una textura diferenciada dintre de l'entorn que les circunda –la textura general de la imatge.

Aquests elements amb textura que representen quelcom diferenciable, i objectivable, en la superfície de l'objecte són els elements de textura –“tèxels” a partir d'ara (*texture elements*, a instàncies del “píxel”, *picture element*) (SONKA et al. 1994; BARCELÓ, PIJOAN, VICENTE 2001: 71).

Aquests tèxels estan integrats en la textura general de la imatge, però alhora representen discontinuïtats recurrents amb significança real. Podem entendre la textura d'una imatge com la dispersió particular de la lluminositat que presenta i els tèxels com els objectes amb textura significativament diferenciada del seu entorn i així discriminables.

Descric els tèxels sota les propietats de forma, magnitud, composició i localització –paràmetres que regeixen el concepte de textura–. En ser agrupacions de píxels, els tèxels poden tenir forma i magnitud diferenciades –paràmetres que és absurd de tenir en compte per als homogenis i ortogonals píxels–. Òbviament, en la praxis aquests criteris han d'estar integrats sota una perspectiva holística. També a partir

d'aquests criteris podem determinar els atributs pertinents que descriuran els téxels per les imatges en el present treball.

Treballs previs al nostre ja tenen en compte que existeixen estructures mínimes en la imatge a partir d'estructuracions de píxels d'una certa magnitud de les quals es pot obtenir informació discriminant (BIETTI et al. 1994; GONZÁLEZ, IBÁÑEZ 2003). A. Bietti ho fa a partir del paràmetre D , que es correspon a la distància en píxels des d'un píxel concret. D pot prendre valors 1, 2, 3,... i dintre d'aquest marc s'intenta trobar recurrències relacionals entre el píxel central i els veïns. A la fi, dóna un valor D òptim per distingir entre usos, que es correspondria a una quadrícula de píxels on les estructures que s'adopten resultarien recurrents en relació a l'ús que representen les imatges on són inserides. J.J. Ibáñez i J.E. González fan quelcom de similar en el seu treball. Proven amb diverses quadrícules entre 3×3 i 9×9 píxels, per a finalment obtenir resultats discriminants per ús majorment en les quadrícules de 9×9 –cosa que significa que a major grandària, a un nivell més macro, les estructuracions entre els píxels resulten majorment vinculables a diferències per ús–. Aquests resultats contradiuen una mica els obtinguts per A. Bietti, que es decantava per l'ús de quadrícules mínimes de 3×3 . Des del meu punt de vista i pels resultats propis obtinguts, crec que les estructuracions que impliquen a major nombre de píxels aporten millors resultats, donat que són menys sensibles al soroll aleatori de la conformació de la imatge i perquè existeixen més punts de referència per comparar i trobar diferències significatives, vinculables a l'ús en el nostre cas. En altres paraules, les quadrícules petites no carreguen la informació suficient per descriure òptimament l'ús concret a què refereixen. Un problema similar ocorre en el treball de R. Grace sobre l'anàlisi de la textura (GRACE 1989), com bé apunten J.J. Ibáñez i J.E. González en el mateix treball que comento (GONZÁLEZ, IBÁÑEZ 2003: 487-488).

Tanmateix, veig que en el marc del meu present treball prendre aquesta mena d'unitats mínimes de textura comporta un greu problema en quan vulguem fer analògiques les diferències que hi trobem amb les que nosaltres observem en les anàlisis convencionals. No és equiparable la textura en els casos de l'observació convencional i en els casos de tractar amb “téxels” de 3×3 , ni tan sols de 9×9 . S'avaluen coses diferents. L'ull humà no fila tan prim, de fet no es fixa en l'espai tan petit que ocuparia un píxel ni una estructura de 9×9 . En el present treball s'intenta que l'estructura mínima d'anàlisi de la textura tingui algun punt de connexió amb la globalitat de l'alteració, tal com es palesa en la observació convencional. Per exemple, amb estructures d'aquesta

mena no podríem implementar atributs de forma de les àrees alterades, doncs les quadrícules de 3x3 o 9x9 per definició són de forma i contorn uniforme –així no comparable ni distingibles (veure subcapítol 3·2·3·2)¹⁴¹.

3·2·2·4 La informació pertinent en les imatges digitals.

L'avantatge del sistema que funciona amb imatges digitals rau precisament en la forma de codificació que emprava, on les imatges són un conjunt de valors objectius –píxels– posats en interrelació –a partir del concepte de textura–, però que sempre han de ser presos sota els mateixos paràmetres per ser comparables. És aquest darrer un tema molt important; si el que realment volem és treballar amb uns valors que siguin relacionables entre ells, han d'estar implementats sota una mateixa forma; seria absurd per exemple intentar comparar imatges en color amb imatges en escala de grisos, o comparar imatges que han estat preses sota diferents condicions de lluminositat.

Així, l'avantatge que té el treballar amb imatges digitalitzades rau en què aquestes són representacions numèriques de la Realitat i, per altra banda, amb la possibilitat de ser supervisades. Però això no ens és possible a partir de les imatges originals que prenem, carregades d'informació redundant, fet que ens obliga al tractament de les imatges. En el cas de les traces d'ús la informació redundant seria tota aquella inserida en la imatge que no ens ajuda en absolut –en el sentit de no necessària– per a dur a terme una determinació de l'ús òptima¹⁴².

Dintre d'una imatge –digital o no– apareix tota una sèrie d'informació que “ens sobra” per comprendre-la. En la visió biològica convencional, mecanismes cerebrals diversos, condicionats en la seva configuració final per l'entorn de l'individu, fan amb

¹⁴¹ A partir d'aquestes explicacions exposades, es pot entendre que el concepte de téxel que empro ha estat redefinit en gran mesura (BARCELÓ, PIJOAN, VICENTE 2001: 71), ben diferenciat dels que podem llegir en altres autors (per ex. SONKA et al. 1994). En el processament que segueixo és l'analista qui “contrueix” els téxels atenent a l'àrea que representa alteració dintre de la imatge, segmentant-los de la resta de la imatge que no representa alteració. Per extensió d'aquest raonament, podem entendre que no hi ha téxels en quan no hi ha alteració. El concepte de téxel només pren sentit en quan aquest com a objecte carrega intrínsecament informació pertinent per a la discriminació; si aquesta informació no hi és, podem dir que no hi ha téxel.

¹⁴² En el cas de la Teoria de la Informació i tècniques de digitalització d'imatges, el concepte de “redundància” fa referència al procés de codificació de la imatge digital per al seu emmagatzematge (SONKA et al. 1993: 458-459), però no té res a veure amb el que ara jo em refereixo. En el meu cas defineixo “redundant” a partir d'allò que se sumaria innecessàriament a les característiques suficients per a la classificació correcta d'un objecte dintre de la seva categoria. Com podem veure la concepció és més gnoseològica i filosòfica, si es vol.

una eficiència fugaç aquesta feina de discriminació de la informació “útil”¹⁴³. En la visió per computador som nosaltres els qui hem d’implementar aquest mecanismes i determinar-los, bàsicament en funció dels nostres objectius en la investigació concreta que guiéssim. Així, la redundància a la qual nosaltres al·ludim pot ser informació que té un índex de complexitat massa elevat; en conseqüència, la forma d’eliminar-la és simplificant la informació en trobar una estructura de representació més simple que no perdi la capacitat de representació discriminant. Per exemple, una primera reducció de redundància passa per treballar amb imatges en escala de grisos, que redueix una ampla gama de colors a 256 intensitats de llum entre el blanc i el negre.

Un altre procediment posterior seria l’aplicació de filtres en la imatge, el quals realcin les característiques pertinents per a la classificació òptima segons els nostres criteris¹⁴⁴. La matematització bàsica en la codificació de les imatges digitals permet la seva modificació, cara a tractar-les de tal forma que destaquem aquella informació que més ens interessa i que està inserida en la imatge.

A l’hora de tractar les imatges –igual que abans en el moment de la seva captació– no hem d’oblidar que sempre hem d’utilitzar els mateixos paràmetres, expressats en algorismes matemàtics de tipus divers, si volem poder dur a terme comparacions de les imatges que treballem. O sigui, que hem de desenvolupar els mateixos processos de tractament de les imatges per destacar cadascuna de les característiques que considerem descriptiva.

No podem oblidar el problema del “soroll”¹⁴⁵. El podríem definir com interferències de diversa mena que inserides en la imatge, entorpeixen el seu enteniment i processament. El soroll és un fenomen que emmascara la informació discriminant, present molts cops sota la forma d’una regularitat constant que sintetitzant-se amb la informació discriminant provoca una distorsió en aquesta, dificultant la seva

¹⁴³ Aquests mecanismes els tenim massa assumits en la nostra vida quotidiana diària. Dic “massa” perquè considerem que la distinció de formes és resultat de l’evidència òptica dels objectes que percebem: “la forma la distingim perquè està”, quan de fet no ens adonem de quantes coses ens passen davant dels nostres ulls com a “invisibles” perquè no ens interessa –“no ens cal” si voleu– veure-les. La veritat és que el procés de distinció de formes és après i, com a tal, condicionat pel nostre entorn vital (MARR 1985).

¹⁴⁴ Per exemple, una millora del contrast de la imatge provocaria que els elements que conformen la imatge es distingissin a la nostra visió biològica més eficientment, efecte que per a la visió per computador es traduiria en el fet que la diferència dels valors dels píxels que conformen els elements que conformen la imatge s’han distanciat, fent-se més discriminables uns dels altres. Amb tot, s’ha de ser curós que aquestes modificacions continuïn permetent que les imatges digitals resultants siguin comparables entre elles.

¹⁴⁵ Ara sí que el concepte atén a les tècniques de digitalització d’imatges i visió artificial.

discriminació òptima en categories. El soroll provocarà uns marges d'error alts en quan passem al processament de les imatges com a dades.

Les causes que provoquen el soroll poden ser errors en el procés de captació, bé per limitacions de la infraestructura tècnica emprada o bé –i principalment– perquè l'aparell de captació enquadra amb un cert nivell d'aleatorietat les intensitats de la llum natural captada en 256 valors de grisos, assignant-los una localització en quadres limitats espacialment dintre de la imatge. Aquest és un soroll vinculat al procés de compressió i emmagatzematge de la imatge.

Redundància i soroll ens poden dur a obtenir índexs d'error no obviabls en la classificació, en intervenir sobre la representació de la variabilitat en el fenomen. En conseqüència, l'eliminació de la redundància i el soroll comporta dur a terme millors diagnòstics –és a dir més discriminants–, eliminant la variabilitat intraclases i augmentant la variabilitat interclases. En altres paraules, eliminen l'ambigüitat i fem més nítides les diferències discriminants en la informació.

El procés de tractament de la imatge elimina en gran mesura tots aquests tipus de soroll. Però les preguntes que tindrem ara a resoldre esdevenen dues: ¿quines són les característiques que volem realçar en la imatge? i ¿quins són els processos que hem d'aplicar per aconseguir-ho?

3.2.3 L'extracció de la informació de les imatges.

Dèiem que a partir de la col·lecció experimental hem extret una base de dades d'imatges digitals mitjançant una càmera digital (model Olympus Camedia C-3030). És desitjable que la càmera durant tot el procés de captació sigui la mateixa, doncs el procés de compressió de la imatge és diferent en cada màquina. Així mateix, la configuració de la càmera digital durant tot el seguit de captures ha de romandre constant. Això és molt important per permetre que les imatges de la base de dades siguin comparables entre si. Les imatges han de tenir la mateixa resolució –640x480 píxels–, en la mateixa escala lumínica –escala de 256 nivells de grisos– i mateix format de registre i compressió –TIFF–. Recordem que la càmera funciona conjuntament i adossada al microscopi òptic, actuant tots dos aparells com un únic instrument de captació. Els criteris per a l'ús d'aquest format d'imatge són en part arbitraris, però també s'ha valorat que el pes de cada imatge no fos excessiu. Una major resolució, en contra del que es creu, no ha de comportar necessàriament ni informació de més qualitat, ni més significativa. Fins i tot

una resolució excessiva pot produir alts nivells de redundància i soroll. Per valorar per quina resolució optar, s'ha tingut en compte el nivell d'observació que ens interessava per a l'estudi –imatges microscòpiques a x200 augments–, en el qual una major resolució només hagués anat vers un nivell de detall que no aportaria informació additiva per classificar millor l'alteració d'ús en superfície.

Les imatges passen posteriorment un protocol de tractament per a l'extracció de la informació pertinent. Com he esmentat anteriorment, és un procés senzill en quant a procediment i complex en quant al seguit de passos i l'ús de software divers.

El primer pas consisteix en la valoració de la qualitat de la imatge. No és un procés subjectiu de triar aquelles preses més complaents als nostres ulls i que sabem que ens oferiran resultats més bons en la classificació a partir de l'ús. Simplement es tracta de triar imatges on hi hagi un mínim d'àrea amb alteració d'ús en superfície enfocada nítidament. En definitiva i en paraules més planeres, es descarten les imatges desenfocades.

Com de fet sempre hi ha àrees sense alteració d'ús o desenfocades –pels coneguts imperatius de l'observació en microscopi–, en la imatge captada fem un retall de l'àrea on es concentra majorment l'alteració d'ús en superfície i l'enfocament és òptim. Aquest procés està estandarditzat i correspon al retall d'un quart de la imatge original; és a dir que ens queda una imatge de 320x240 de resolució, mantenint el format de compressió i registres TIFF així com l'escala de 256 nivells de grisos. En imatges originals on l'àrea amb informació significativa és molt ampla, fins i tot es prenen dos retalls, però val a dir que aquests casos són els menys.

Tot aquest procés fou dut a terme amb Photoshop 5.0, seguint un simple criteri arbitrari i operatiu. No vaig dur a terme cap processament addicional, com millora de contrastos o perfilament dels téxels, considerant que la qualitat de la imatge ja era vàlida i suficient per al meu treball i que l'aplicació d'aquests filtres podia alterar la informació inserida en la imatge d'una forma no desitjable¹⁴⁶.

El següent pas del procés d'extracció d'informació implica un programari nou, NIH 1.6, programa de processament d'imatges digitals de caràcter científic (*freeware*

¹⁴⁶ Els filtres d'enfocament són generalment filtres de mitjana o de pas alt que alteren la informació general, provocant un augment de la desviació estàndard de la lluminositat artificialment que provocaria diferències intraclases falses i no desitjables.

disponible en <http://rsb.info.nih.gov/nih-image/>¹⁴⁷). És aquest un pas crucial en el desenvolupament de la present investigació. En primer lloc tenim la imatge on es palesen àrees amb alteració d'ús. El nostre objectiu és ara discriminar aquestes àrees de la resta de la imatge que representa la superfície inalterada (Figura 3-5).

Per fer això ens basem en el nostre coneixement acumulat en anàlisis de traces d'ús. En aquest coneixement queda definit que l'alteració d'ús en superfície pren una aparença significativament més brillant que les superfícies naturals no alterades per ús. També es dona per sabut que el micro-relleu és diferent significativament en tots dos casos.

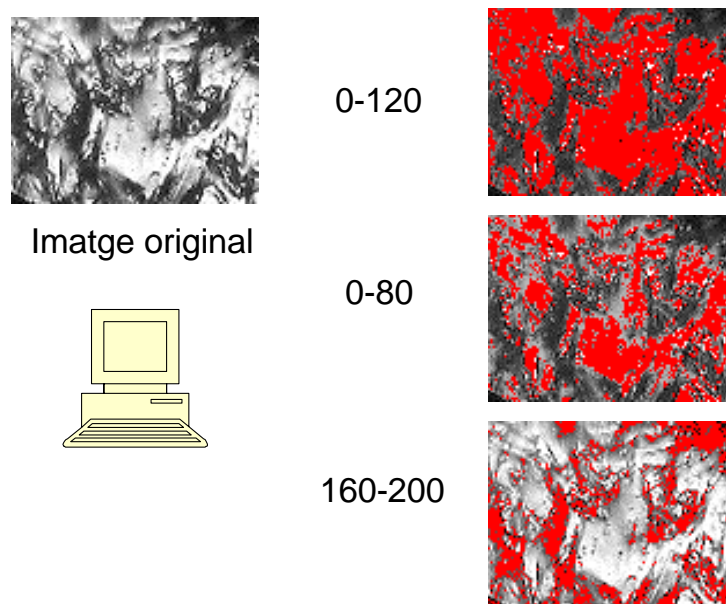


Figura 3-5 - El software permet seleccionar intervals de lluminositat donats en una escala de grisos entre 0 (blanc) i 255 (negre); d'aquesta forma, podem seleccionar aquelles àrees d'interès, que en el nostre cas coincideixen amb les que representen l'alteració d'ús de superfície. A l'esquerra dalt tenim la imatge original i a la dreta les imatges amb l'aplicació del filtre density slice amb què seleccionem els intervals de lluminositat 0-120, 0-80 i 160-200.

Partint d'aquesta definició és fàcil caracteritzar l'alteració d'ús en superfície en una imatge digital, seleccionant l'interval de llum més brillant dins de l'escala de grisos de 256. Tanmateix això no és tan senzill, doncs hi ha zones brillants que no corresponen a alteració d'ús i a la inversa; zones alterades que entren dins del que correspondria majorment a una zona no alterada. A banda, recordem que la multiplicitat de factors que intervenen en la conformació de la imatge no permeten que la correlació d'intervals de llums amb la presència/absència d'alteració sigui taxativa. Petits canvis de reflexió de la llum en la mateixa superfície fotografiada produiran en molts casos aquest esbiaix.

¹⁴⁷ Val a dir que a dia d'avui aquesta adreça està desactualitzada. El programari NIH s'ha reconvertit en altres programes i continua sent *freeware* subvencionat per l'Institut Nacional de la Salut dels EUA.

Així, cal apuntar que seria fals afirmar que l'interval de llum seleccionat discrimini àrees que es corresponen estrictament amb l'alteració d'ús en superfície. Per exemple, basant-nos en el nostre coneixement previ, l'alteració d'ús en superfície per fricció amb pell seca no es correspon estrictament a una homogènia superfície brillant, doncs dintre d'ella s'integren petites àrees on fins i tot en l'histograma de lluminositat de la imatge correspondrien a la banda fosca. Tanmateix, parteixo del fet que amb l'alteració d'ús en superfície que s'integra dintre de l'interval brillant de l'histograma de lluminositat dispo d'un descriptor suficient per poder discriminar aquest ús d'altres.

L'interval de llum concret que s'ha seleccionat és entre 0 –llum blanca– i 120 –un interval de gris mig– (Figura 3·5). La decisió ha estat presa a partir de la contrastació, sobre tot un seguit d'imatges, de quin és l'interval que representa amb una major exclusivitat l'alteració d'ús en superfície. La tria d'una matèria primera lítica per a tots els experiments fou justificada especialment per l'objectiu de mantenir constant el fons de la imatge –superfície no alterada– per a la totalitat de tots els casos de la col·lecció de referència experimental. Matèries primeres amb albedos diferents haguessin provocat la generació imatges amb textures diferents. Recordem que la imatge final que registra la camera té molt en compte el contrast entre les diferents àrees de la imatge. També per altra banda, es va preferir un color de fons fosc que contrastés de forma rellevant respecte de la zona alterada per ús, més brillant.

Un cop l'interval de llum fou seleccionat, s'aplicà a totes les imatges igualment. No seria lícit determinar una interval de llum diferent en cada imatge, depenent de quin discrimini amb major nitidesa i concreció l'alteració d'ús. Es pretén estandaritzar un procediment unívoc on totes les imatges siguin processades de la mateixa forma. Val a dir que el test previ per decidir el criteri per a la selecció de l'interval fou acurat com perquè, majorment en tots el casos, amb la selecció de l'interval quedessin discriminades les àrees d'interès. Evidentment, això no hagués estat possible si prèviament en la presa de les imatges no s'haguessin mantingut constants les condicions de llum i reflexió.

NIH 1.6 permet la selecció d'interval de llum –*thresholding*– dintre de la imatge de forma automàtica; aquesta operació s'anomena *density slice* (Figura 3·5). En ser aquests seleccionats apareixen en vermell les àrees de la imatge que estan integrades per píxels definits dins de l'interval. Cadascuna d'aquestes àrees són les que anomeno en aquest treball téxels o “elements de textura” (Figura 3·6). El programa permet la selecció de la grandària màxima i mínima del téxel, la qual cosa permet evitar la

comptabilització de téxels ínfims –en el nostre cas de menys de 10 píxels–, els quals són resultat de causes espúries i fora del nostre interès. D’aquesta forma tornem a reduir soroll i redundància en la informació amb què treballem. No hem posat límit màxim de téxel a comptabilitzar, doncs es valora que els de gran magnitud seran en la major part dels casos representatius de l’alteració d’ús¹⁴⁸.

El téxel, com recordarem, a diferència del píxel, posseeix una textura; és a dir, una dispersió de valors de lluminositat que es diferencia de la textura de l’entorn per una estructura particular que té alguna correspondència amb quelcom real. En aquest treball, per exemple, es correspon amb l’alteració d’ús en superfície i la representa.

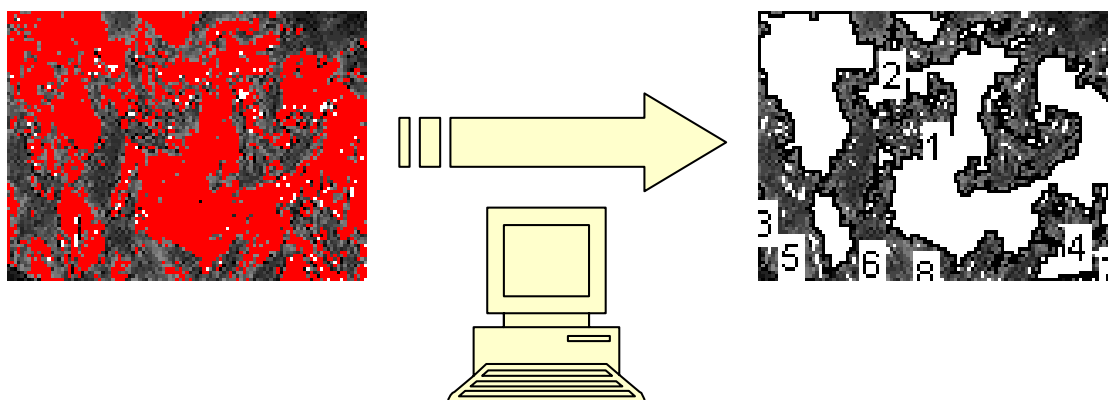


Figura 3-6 - El software permet dur a terme la discriminació de les àrees de píxels prèviament seleccionades (esquerra), que passen a ser extensions independents numerades: els “elements de textura” (téxels, dreta). Cada téxel és enregistrat en una base de dades (format taula de text) com un cas particular, amb el mateix número que apareix en la imatge transformada.

NIH 1.6 ens permet la circumscripció d’aquests elements de textura i la seva caracterització a partir d’una sèrie d’atributs, extensions del paràmetres de magnitud, localització i composició –paràmetres que recordem eren definidors del concepte de textura–. En el programa podem seleccionar aquests atributs segons nosaltres valorem la seva pertinença per al nostre estudi.

En conseqüència, el programa ens dóna una base de dades en format .txt per a cada imatge de la mostra, on a tots i cadascun dels seus téxels apareguts en la imatge li correspon una línia amb una sèrie de valors corresponents a cadascun dels atributs de magnitud, localització i composició. Posteriorment aquestes dades són tractades amb el

¹⁴⁸ Això fou més aviat una hipòtesi prèvia, doncs en la pràctica vaig observar que els téxels de major grandària també eren resultat de processos de generació espúria –a sovint vinculats amb àrees desenfocades–. Així mateix però, els resultats estadístics van mostrar com després de l’eliminació d’aquests macrotéxels espuris, els majors que quedaven dintre del còmput eren els que millor resultat donaven per la a discriminació d’usos en una estadística paramètrica comuna, amb la qual cosa considero que la hipòtesi prèvia es contrasta positivament.

programa de full de càlcul Excel, on se li afegixen una sèrie d'equacions de forma dels t xels –les quals expliquem en aquest mateix capítol al punt 3.2.3.2, aix  com la natura de la resta d'atributs tinguts en compte (Figura 3.7).

Ident	Area	Mean	SD	X	Y	Mode	Length	Major	Minor	Angle	Elongació	Circularitat	Quadratura	...
1	35	169,91	7,35	33,6	78,09	169	27,21	7,93	5,62	173,62	1,41	0,59	1,15	
2	29	173,86	8,6	59,41	77,86	171	39,46	10,35	3,57	32,5	2,90	0,23	1,83	
3	319	180,64	10,85	92,97	73,31	176	162,55	30,25	15,32	172,16	1,97	0,15	2,28	
4	12	173,75	7,57	70,75	73,42	179	19,56	5,44	2,81	7,2	1,94	0,39	1,41	
5	21	174,19	10,34	46	68,91	176	38,53	6,29	4,46	126,17	1,41	0,18	2,10	
6	56	174,82	10,99	42,41	54,47	165	87,88	16,94	4,36	131,14	3,89	0,09	2,94	
7	64	177,67	11,69	78,24	53,31	163	84,71	16,36	5,45	88,22	3,00	0,11	2,65	
8	14	173,43	9,1	103,86	58,29	161	16,49	6,7	2,66	166,45	2,52	0,65	1,10	
9	12	172,33	9,31	26,08	54,46	165	18,49	6,95	2,38	85,25	2,92	0,44	1,33	
10	17	177	10,8	54,44	50,83	181	25,8	6,28	3,65	60,94	1,72	0,32	1,56	
11	360	177,41	10,23	31,71	23,57	177	241,85	42,54	12,12	101,94	3,51	0,08	3,19	
12	11	175,55	7,72	3,91	47,36	171	20,14	4,72	2,97	76,84	1,59	0,34	1,52	
13	...													

Figura 3.7 - El software permet, a partir del valor i localització dels píxels, implementar una base de dades per a cada imatge amb una sèrie d'atributs que caracteritzen els t xels prèviament segmentats en la imatge (Figura 3.5). Posteriorment, amb l'ajut del full de càlcul Excel, afegim m s atributs –els de forma: elongació, circularitat, quadratura,...– a partir dels valors dels primers que ens ha aportat NIH 1.6. En la base de dades a la figura, cada fila amb el seu número correlatiu és l'identificador del t xel en la imatge (Figura 3.5) i cadascuna de les columnes correspon a un atribut que el defineix.

3.2.3.1 Alteracions d' s com estructures en una imatge.

Com dèiem els t xels són una representació versemblant de l'alteració d' s, amb la qual cosa les correlacions +/- de valors en el t xels han de correlacionar-se amb diferències en el fenomen concret, cosa que ha de comportar necessàriament poder trobar diferències que ens indiquin la matèria treballada i el moviment al qual està vinculat cada t xel i cada imatge. Tanmateix, la versemblança no pot implicar una identificació plena, com suposo que ha quedat clar en tota la teoria exposada al llarg del present treball. Tampoc la nostra intenció és trobar aquesta identitat, sinó més aviat una representació on es palesin trets significatius diferencials que ajudin a una òptima classificació.

La imatge, sent representació versemblant, necessita l'aplicació d'uns protocols particulars per poder-ne extreure la informació pertinent. Si la valor ssim de la forma que en la vida quotidiana interpretem la informació de la visió ocular, no solucionari m res del nostre problema. Es necessita implementar una metodologia per a l'anàlisi d'imatges digitals que mostrin alteracions d' s, però es vol fer de tal manera que els atributs emprats per descriure els t xels de les imatges siguin comesurables amb conceptes emprats convencionalment pels/les analistes d' s, amb la finalitat de contrastar el valor diagnòstic d'aquests darrers, fet que comportarà una valoració i depuració de la metodologia convencional. No ens serveixen mètodes d'anàlisi

d'imatges que, tot i que potencialment ens donin bons resultats classificatoris, no puguem valorar què impliquen respecte al fenomen que és objecte d'estudi –alteracions d'ús en superfície en aquest cas.

En un altre nivell, la reflexió teòrica que desenvolupava en el capítol 2 sobre la idoneïtat del terme “alteració”, per referir-se al canvi d'estats entre una superfície natural i una que ha sofert una aplicació d'energia dinàmica, m'ajuda a comprendre la natura de les imatges resultants que representen aquest canvi d'estats. En el cas de la imatge hi ha una alteració de la reflexió de la llum en la superfície alterada, resultat dels canvis que aquesta darrera ha sofert, en contrast a un moment anterior amb la superfície primigènia natural.

L'estructuració dels elements que conformen la imatge canvien de natura. No és la qüestió trobar les antigues estructures que regeixen la investigació convencional – micropolit, estries,...–, sinó que ara cal trobar nous paràmetres per estructurar la imatge digital. L'estructuració en quant als t xels es regeix sota dues formes:

- Estructures en extensió; representades per una reflexió diferencial de la llum –de tipus qualitatiu i quantitatiu– projectada pel microscopi òptic sobre la superfície de la matèria primera lítica.
- Estructures lineals; a partir del traçat d'eixos d'orientació en les estructures en extensió.

Hom no pot pensar ara en fer l'analogia que les primeres corresponen al “micropolit” i les segones a les “estries”. No es tracta d'aix . Les dues fenomenologies de la nomenclatura tradicionals tenen les dues dimensions en extensió i lineal. Com es pot sobreentendre, aquests conceptes són abstractes, analítico-descriptius i només plantejats amb la finalitat d'articular l'anàlisi; en contraposició, els termes tradicionals són referents a objectes als quals s'atorga entitat real. Talment com l'interval de llum que nosaltres seleccionem en la imatge no representa l'alteració d'ús en la seva totalitat i també inclou àrees no alterades, aquestes estructures no poden ser analògiques amb els termes convencionals.

Sobre allò que en definitiva estem treballant  s sobre com s'estructuren els píxels –amb els seus valors de lluminositat– en l'espai d'una imatge –i per extensió en una col·lecció d'imatges–. Els sistemes computeritzats i les imatges digitals no ens permeten distingir abrasions, micropolits o estries; necessitem trobar un llenguatge de

representació en la imatge digital de tota aquesta fenomenologia i això només ho podem fer a partir de l'estudi de l'estructuració de la llum. Com es pot veure, el procediment és summament abstracte i analític, sense pretensions ontològiques.

3·2·3·2 Els atributs dels téxels.

Els criteris per a l'elecció dels atributs dels téxels han estat condicionats per:

- Els nostres coneixements previs, és a dir el coneixement acumulat en les anàlisis convencionals de traces d'ús.
- Les possibilitats vàries, però limitades, del software en ús.
- En com definim allò que “és” l'atribut en qüestió, perfilant i donant una descripció d'acord amb la seva correspondència amb la Realitat.

Tots els apunts teòrics previs fets fins al moment han estat presentats per fer més entenedora la vertadera natura dels atributs dels téxels que utilitzo. Els atributs tenen una correspondència comesurable fins a cert punt amb atributs que en observacions convencionals s'han tingut en compte per descriure l'alteració d'ús en superfície. Allò que ara s'ha fet ha estat canviar el llenguatge de descripció, creant conceptes que corresponen a fets quantificables. Tanmateix, que hi hagi comesurabilitat no significa que hi hagi identitat i que s'estigui parlant del mateix.

Els atributs que empro venen donats pel programa NIH 1.6 –els de composició, localització i magnitud– o bé són implementats mitjançant l'aplicació de fórmules en el full de càlcul Microsoft Excel –els de forma– (Figura 3·7). Val a dir que molts d'aquests atributs o variables són usats en tècniques d'anàlisi d'imatges digitals i altres disciplines científiques (GOSE et al 1996; FONTOURA, MARCONDES 2001).

Els atributs corresponen cadascun d'ells a paràmetres de la textura –recordem: magnitud, composició, localització i forma–. Amb tots ells aconseguim tenir una representació completa de la textura del téxel. A continuació relacionaré el llistat d'atributs en ordre del paràmetre a què correspon cadascun d'ells, posant entre parèntesi i majúscula la denominació que els he fet adoptar en les bases de dades –(Arxius B·1·*) generalment en anglès o acrònim en aquesta llengua.

Atributs relacionats amb el paràmetre de la textura MAGNITUD.

Aquests atributs ens refereixen a aspectes de la grandària del t xel. Totes les mesures de magnitud prenen com a unitat el píxel. Malgrat que NIH 1.6 permet fer calibracions de píxels amb una longitud coneguda, no he volgut fer  s d'aquest recurs; sabent que no fotografiava superfícies planes, l'equiparació hagués estat falsa i infructuosa, no aportant informació addicional de cap mena. En conseq ncia, he preferit mantenir la mesura de píxel com a estàndard per als atributs de magnitud. Aix  mateix, en la base de dades he mantingut el nom en anglès que adscriu el programa NIH 1.6.

Els atributs de magnitud que tenim en compte són:

“ rea” (AREA) – Aquest atribut fa referència a la grandària en extensió dels t xels – comptabilitzada en píxels– apareguts en l'interval de llum prèviament seleccionat per nosaltres¹⁴⁹.

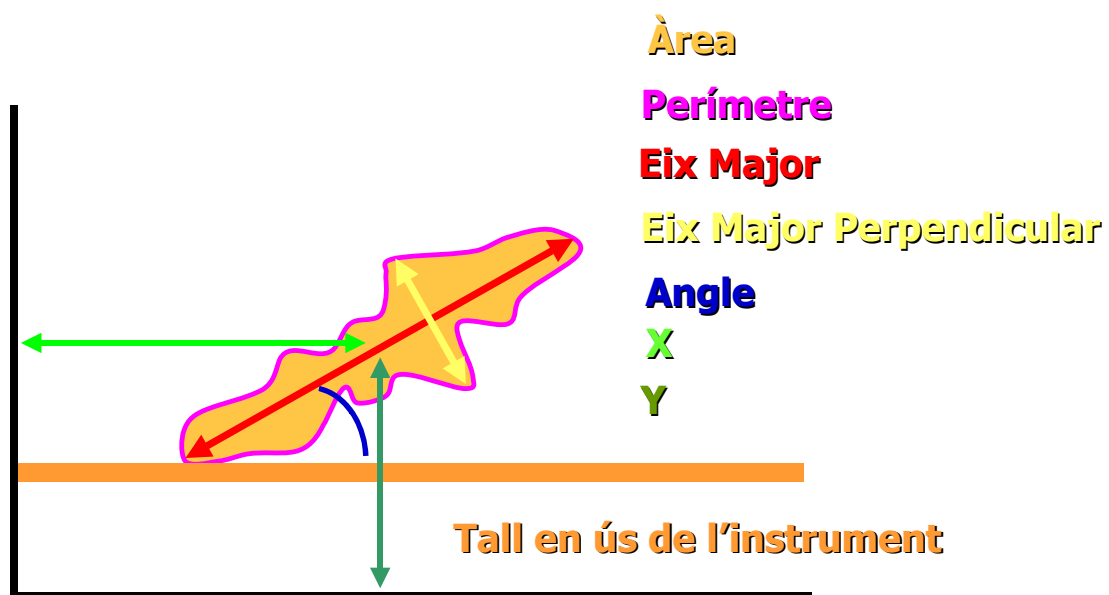


Figura 3-8 – Representació gr fica dels atributs de magnitud i localització. Les ratlles negres representen els eixos X i Y de la imatge.

“Perímetre” (LENGTH) – Referent al perímetre del t xel.  s una mesura de magnitud que principalment ens serà útil per a dur a terme les equacions de forma.

¹⁴⁹ En la bibliografia dels estudis de traces d' s trobem com la magnitud de les àrees alterades s'ha tingut generalment en compte; en aquest sentit hi ha certa analogia amb el que a sovint s'anomena “extensió del micropolit” (per ex. IB NEZ 1993).

“Eix major” (MAJOR) – Eix de major longitud del téxel. Com l’anterior ens serà útil a l’hora d’implementar equacions de forma.

“Eix major perpendicular” (MINOR) – Eix de major longitud perpendicular a l’eix major absolut del téxel, és a dir eix major perpendicular a l’atribut “eix major”.

Atributs relacionats amb el paràmetre de la textura LOCALITZACIÓ

“X” (X) – Coordinada cartesiana X del téxel, que coincidiria amb el centre de l’eix major –atribut “eix major”.

“Y” (Y) – Coordinada cartesiana Y del téxel, que coincidiria amb el centre de l’eix major –atribut “eix major”.

Amb aquests dos atributs obtenim la localització espacial cartesiana dintre de la imatge. Pren sentit en relació a les localitzacions dels téxels veïns dintre del marc de la imatge compartit. És a dir, només una localització no ens informa de res en concret.

En els estudis espacials podem obtenir patrons de distribució espacial, alhora que podem donar sentit a la cartesiana Z afegint-li el valor de qualsevol atribut que creguem pugui relacionar-se i prendre sentit amb el factor de distribució espacial.

“Angle” (ANGLE) – Angle de l’eix major del téxel –atribut “eix major”– respecte a l’eix X del marc de la imatge –recordem que l’eix X és paral·lel al tall de l’instrument–. La orientació de l’eix major indicarà la direcció de la força que va produir l’alteració d’ús en superfície –cinemàtica–. Llavors, la seva tendència a la perpendicularitat –90°– indicarà un moviment de treball transversal i la tendència a la paral·lelitat –0°– indicarà un moviment de treball longitudinal. “Angle” explota el seu màxim valor explicatiu creuat amb el valor de l’atribut “elongació”, donat que la fenomenologia que determina el valor d’aquest darrer atribut també està relacionada amb la cinemàtica (TOSELLI et al. 2002).

Atributs relacionats amb el paràmetre de la textura FORMA

Els atributs de magnitud són imprescindibles per poder implementar les equacions de forma. No són aportats de bon principi per NIH 1.6, sinó que són implementats secundàriament en Excel, mitjançant l'aplicació de fórmules. En principi vaig hipotetitzar que a nivell descriptiu havien de donar millor resultat que els valors bruts de magnitud, doncs l'experiència indica que la particularitat de l'ús està en funció d'interrelacions particulars d'atributs.

La major part dels que aquí empro són àmpliament coneguts en la bibliografia sobre anàlisis d'imatges digitals, però alguns han estat dissenyats especialment per a aquest treball –o bé fets de nou o derivant-se de fórmules ja publicades que he readaptat.

“Elongació” (ELONGATI) – Relació entre els atributs de magnitud “eix major” i “eix major perpendicular”. L'expressió matemàtica seria:

$$\frac{E}{e}$$

És una fórmula molt coneguda i àmpliament publicada en manuals d'imatge entre les fórmules per reconeixement de formes. La finalitat és descriure la tendència del téxel a tenir una forma elongada.

“Circularitat” (CIRCULAR) – Calcula la tendència a la circularitat del téxel expressada per l'equació:

$$\frac{4 * \Pi * a}{p^2}$$

El $4 * \Pi$ és un normalitzador i les variables “àrea” i “perímetre” són els valors variables. Quan més a prop de l'1 més circular és el téxel. És anomenat també *roundness* o *thinness* –estretor– sota la forma alternativa $4 * \Pi(a/p^2)$ (FONTOURA, MARCONDES 2001: 440).

“Quadratura” (QUADRATU) – Tendència a la quadratura del téxel expressada per l’equació:

$$\frac{p}{4 * \sqrt{a}}$$

És l’invers logarítmic de circularitat. L’1 indica un quadrat perfecte i un 0’8 un triangle isòsceles, tot i que la variació possible de valors supera l’1, no com en el cas de circularitat.

“Ratio circularitat/estretor” (RATCT)– Expressada per l’equació:

$$\frac{p - \sqrt{p^2 - (4 * \Pi * a)}}{p + \sqrt{p^2 - (4 * \Pi * a)}}$$

Expressa una relació complexa entre perímetre i àrea, donant un valor descriptiu de “compactació” (FONTOURA, MARCONDES 2001: 440).

“Compactació” (COMPACA i COMPACB) – Traducció del terme *compactity*, també és una traducció vàlida “compressió”. L’he implementat sota dues formes. La primera s’expressa com la relació entre el perímetre del téxel i la seva àrea, expressada per l’equació:

$$\frac{p^2}{a}$$

Un valor de 16 indica que ens trobem davant d’un quadrat i un de 20’78 davant d’un triangle equilàter. Malgrat tot, la irregularitat de les àrees alterades per ús és de tal tipus i tan lluny de models geomètrics simètrics que valors d’aquest tipus no ens serien de gaire ajuda. Així per la nostra banda preferim interpretar valors alts d’aquest índex com indicadors de major irregularitat del contorns i així de la forma general del téxel.

Aquesta fórmula s'extreu per extensió de la fórmula de “circularitat” (GOSE et al. 1996: 363) i alguns autors la denominen com a tal (FONTOURA, MARCONDES 2001: 440).

La segona fórmula és una ratio entre “diàmetre feret” i “perímetre”. La fórmula queda en:

$$\frac{df}{p}$$

És a dir seria la relació entre el diàmetre feret i el perímetre real. En principi, un 1 comportaria una forma molt similar a un cercle.

“Irregularitat” (IRREGULA) – Relació entre el perímetre del téxel i el perímetre dels téxel veïns en la mateixa imatge. Ve a ser la comparació de la compactació d'un téxel amb la mitja de la compactació dels téxels veïns. S'expressa sota la fórmula:

$$\frac{p}{\sum p/Ntexels}$$

“Rectangularitat” (RECTA i RECTB) – Sota aquesta denominació, he implementat dues formules que barallen els mateixos factors. La fórmula B seria la comparació del rectangle mínim que es construiria amb el atributs “eix major” i “eix major perpendicular” de cada téxel. Com amb la “rectangularitat A” la idea està extreta de L. da Fontoura i R. Marcondes (FONTOURA, MARCONDES 2001: 440), però la fórmula és diferent a la que ells donen:

$$\frac{E * (e/2)}{a}$$

Per interpretar el resultat hem de valorar que si la relació és 1 significaria que l'àrea del téxel es podria inscriure dintre del rectangle que es construiria amb els eixos expressats en els atributs “eix major” i “eix major perpendicular”.

La fórmula A és la comparació del rectangle mínim que es construiria amb el atributs “eix major” i “eix major perpendicular” de cada téxel, variació de la fórmula que expliciten L. da Fontoura i R. Marcondes en el seu llibre (FONTOURA, MARCONDES 2001: 440):

$$a - \left(E * \frac{e}{2} \right)$$

El valor resultant s’expressa en nombre brut de píxels que l’àrea sobrepassa al rectangle que es construiria amb els eixos expressats en el atributs “eix major” i “eix major perpendicular”.

“Ratio perímetre/eix major” (RATPE) – És la relació entre el perímetre del téxel i el seu eix major. S’expressa amb la fórmula:

$$\frac{p}{E}$$

Una línia perfecta hauria de donar que $p/2=E$. Això pot permetre tenir una mesura d’elongació a partir de la relació entre el perímetre i/o compactació amb l’eix major del téxel. Pot ser més exacte que la mesura “elongació” anterior per donar solució al problema del *thickness* (FONTOURA, MARCONDES 2001: 432). També aquesta fórmula pot ser un detector molt bo de téxels indicadors de direcció del moviment, tenint en compte la relació expressada que indiquen els seus valors.

“Diàmetre feret” (FERDIA) – Expressat amb la fórmula:

$$\sqrt{\frac{4 * a}{\Pi}}$$

“Diàmetre feret” refereix al diàmetre que tindria un cercle amb la mateixa àrea que el téxel. Aquesta i “rectangularitat B” són els únics atributs de magnitud que no són

calculats directament per NIH 1.6 i deriven de l'aplicació d'una fórmula que dona el seu resultat en la mesura de píxels, amb un valor que és totalment dependent de la grandària –“àrea”– del téxel.

Atributs relacionats amb el paràmetre de la textura COMPOSICIÓ

L'ús dels atributs de composició, que tenen com a base el valor de lluminositat dels píxels, comparteixen una sèrie d'inconvenients del mateix tipus pel que fa a la comesurabilitat amb la Realitat dels valors donats. El fet que en la configuració de la imatge entrin tants de factors, provoca que sigui problemàtic donar un valor diagnòstic estricte als valors bruts de lluminositat. A pesar dels esforços en intentar que els factors que intervenen romanguin estables, és força difícil aconseguir-ho, sinó directament impossible. Una petita variació en un factor, com pugui ser l'angle de reflexió, provoca canvis dels valors bruts de lluminositat que registra l'instrument de captació. Com sabem, la rugositat de la textura de la superfície de la matèria primera lítica és tan alta que torna impossible mantenir l'estabilitat de l'angle de reflexió.

Tanmateix, creiem que la valoració de la lluminositat global sí que pot tenir unes tendències significatives, més prenent una mostra àmplia d'imatges. Tenint en compte que els mateixos factors distorsionadors són variables en el marge d'un interval –dintre del qual romanen estables per a tota la mostra–, el seu efecte negatiu s'ha de minoritzar jugant amb una mostra d'imatges àmplia.

Seguint la mateixa lògica es valora la possibilitat que hi hagi tendències a la reiteració de valors bruts a gran escala, o bé agrupacions d'aquests en quant a uns punts mitjos i mitjanes en relació als usos.

Tot plegat, els atributs de composició que tenim en compte són:

“Mitja de la lluminositat” (MEAN) – Mitja de la lluminositat del píxels que conformen el téxel –comptabilitzat a partir dels valors de lluminositat dels píxels dintre de l'interval de valors de nivells de grisos que tenim en compte entre 0 i 120–. Aquest atribut seria comparable al que s'ha anomenat en la nomenclatura tradicional “brillantor del micropolit”. Aquest atribut té nombroses referències en la bibliografia sobre anàlisi funcional, afirmant-se generalment que els micropolits que tenen origen en matèries més dures solen ser molt més brillants (per ex. KEELEY 1980).

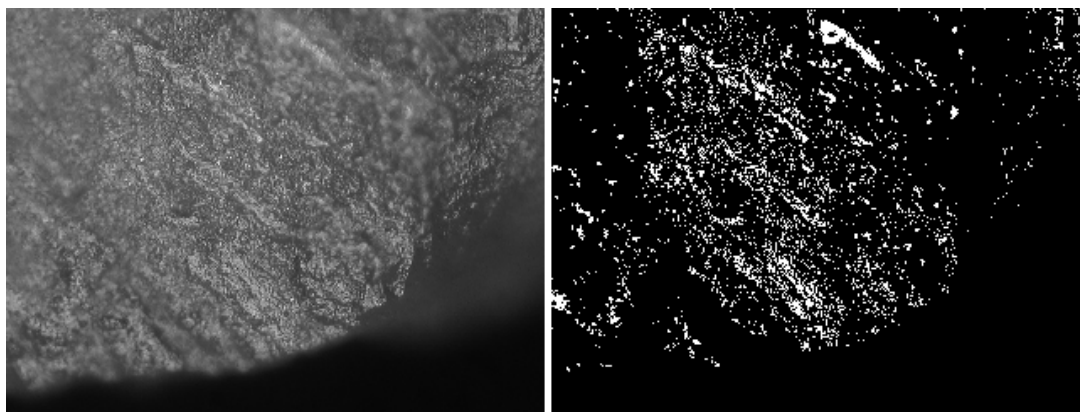


Figura 3-9 – El resultat del procediment sobre un “micropolit” com el de “pell seca” pot semblar-nos contradictori a allò que ens diuen els sentits. Les àrees més brillants poden tenir pics de lluminositat que són superiors als del “micropolit” de matèries més dures com “os” o “fusta”

Tanmateix, una analogia absoluta de “mitja de la lluminositat” amb “brillantor del micropolit” és forçada. Ara “mitja de la lluminositat” acaba representant la mitja de la lluminositat d’aquells píxels seleccionats dintre de l’interval. Així, en polits resultat del contacte dinàmic amb pell seca, bona part de l’alteració en extensió amb tendència a la banda fosca de l’escala de grisos –més enllà de 120, límit superior seleccionat– no es seleccionada dins de l’interval. Dintre de la irregular rugositat, només els pics més brillant se seleccionen per a la comptabilització, amb la qual cosa mentre en una observació convencional el polit de pell seca seria descrit com “micropolit fosc” (Figura 3-9), pot resultar la paradoxa que en el nostre estudi resulti ser el més brillant, tal com ha ocorregut en els nostres estudis previs duts a terme (TOSELLI et al. 2002). Extraient la mitja dels píxels seleccionats –entre els valors de 0 a 120– podria resultar que el valor, al ser la mitja dels píxels més brillants, donés aquesta contradicció amb les afirmacions convencionals.

“Desviació típica de la lluminositat” (SD) – Desviació estàndard de la lluminositat, comptabilitzada amb el mateix paràmetre de lluminositat que l’anterior atribut. Aquest atribut fa referència a la dispersió dels valors lumínics dels téxels; és a dir, a la seva regularitat +/- aparent. Aquest atribut estaria principalment relacionat amb el micro-relleu de l’alteració d’ús en superfície. En els estudis tradicionals es podria comparar a denominacions com “homogeneïtat”, “textura”, “microtopografia”, (per ex. GONZÁLEZ, IBÁÑEZ 1994)... depenent si la definició és més o menys abstracta o concreta, o bé descriptiva o ontològica. Si sabem que la irregularitat vertical de la

superfície és la causant de tota una sèrie de jocs de llum lligats a canvis de l'angle de reflexió, els quals conflueixen i porten com a resultat cap a una aparença donada de la superfície, podem convenir que a partir del còmput d'aquests valors resultants hauríem d'obtenir un valor que referenciés a la mateixa irregularitat de superfície que és a la base del fenomen. Evidentment, juguem amb una imatge canviant sota unes condicions variables i no amb una realitat fixa; si canviéssim l'angle de captació de la imatge en la mateixa zona obtindríem valors diferents. Alhora però, aquests altres valors diferents haurien de posseir uns valors mitjos similars, car la textura-microtopografia que els ha originat és similar; és aquesta mínima homogeneïtat permanent la que ens ha de permetre usar aquest atribut d'una forma útil. Com veiem i en definitiva, l'ús d'aquesta variable és de caire operatiu, sent plenament conscients que la descripció que ens ofereix no és fixament versemblant.

“Moda de la lluminositat” (MODE) – Es tracta del valor de lluminositat més recurrent dintre del téxel. És un valor brut i té els problemes de versemblança que abans esmentàvem. La raó que justifica el seu ús és veure fins a quin punt existeix una suposada major/menor brillantor del micropolít. La mesura crec que s'haurà de valorar a gran escala per trobar una tendència general mitja i no fixar-nos tant en els casos particulars. Se suposa que el micropolít més brillant hauria de tenir un valor “moda” més baix, és a dir més proper al blanc -0 en l'escala de grisos convencional.

“Lluminositat mínima” (MIN) – Valor de lluminositat menor dintre del téxel; és a dir, més prop al 0 –blanc dintre de l'escala de grisos estàndard–. És un valor brut molt sensible al soroll. Parteixo de la idea que s'haurà també de valorar dintre del conjunt de la base de dades de téxels, a la recerca d'alguna tendència general. També apuntaria, com en “moda de la lluminositat”, a si existeix un polít $+/-$ brillant.

3·2·4 Les bases de dades resultants.

Després de l'ús de l'NIH 1.6 i Excel obtenim una base de dades per a cada imatge, en la qual es descriuen tots els téxels que en ella apareixen. Amb totes aquestes bases de dades s'ha creat una altra base de dades on s'han integrat tots els téxels de totes les imatges, en la qual hem integrat identificadors per saber a quina imatge i experiment correspon cada téxel.

Per a plantejar el desenvolupament del estudis comparatius és necessari que fem una reflexió sobre els nivells en què actua la variabilitat en el nostre fenomen d'estudi, amb la intenció de dissenyar una estadística que actuï sobre ells.

Més concretament, la nostra anàlisi estadística s'ha de desenvolupar tenint en compte dos nivells d'observació dels téxels: 1) comparant tots els que s'integren dintre del marc d'una imatge i 2) comparant tots els registrats en totes les imatges més enllà del marc de la imatge en la qual s'integren. En altres paraules volem fer una valoració de la variabilitat inter-téxels i una altra inter-imatges, variabilitat que ha de prendre sentit en quan a l'ús que representen els téxels i les imatges.

Alhora, es vol determinar el poder discriminant individual de cadascun dels atributs en la separació en classes en relació a l'ús, integrant posteriorment aquelles que ens donin millor resultats discriminants.

Recordem també que tenim dos factors d'ús controlats: "matèria treballada" i "cinemàtica". Tots els téxels i tots els atributs no han de ser iguals de representatius per als dos aspectes de l'ús. Això ja ho he presentat en l'enumeració dels atributs; mentre que uns seran bons indicadors per a "matèria treballada", els altres ho seran per a "cinemàtica". Alhora, pot ser necessari que interrelacionem dos atributs per trobar bons descriptors dels factors d'ús, com en treballs previs fou "elongació" i "angle de l'eix major" per trobar els téxels més representatius del moviment (TOSELLI et al 2002).

L'estadística consistirà en l'aplicació d'una bateria de tests, adaptats a la variació particular que defineix cadascun dels atributs. Així les estadístiques descriptives podran ser paramètriques com no-paramètriques, la qual cosa implica que la variabilitat pot ser particular per la seva agrupació sobre uns centres de gravetat o per la seva dispersió particular. La informació que se'ns aporta des de cada test ha de ser complementària cara a obtenir una bona caracterització; la lògica és la mateixa que la d'integrar diversos atributs. Recordem que més que una discriminació *per se*, ens interessa crear coneixement sobre el fenomen i sobre com aquest pot ser tractat mitjançant una classificació a partir d'informació d'imatges digitals.

Tenim dos plànols d'observació del fenomen; la imatge i el téxel; és a dir, 1) els téxels integrats dintre d'una imatge i 2) els téxels de totes les imatges comparats entre ells. Això a nivell procedimental implica:

- Estadístiques sobre les mitges i desviacions típiques per als atributs dels téxels de cada imatge, cara a caracteritzar aquesta darrera.

- Estadístiques sobre els téxels de totes les imatges integrats en una base de dades comuna, cara a caracteritzar el fenomen global de l'ús.

El segon estudi també té l'objectiu de discriminar dintre del conjunt de téxels que responen a l'ús aquells que palesen d'una forma més òptima els dos factors en control en el nostre estudi; uns téxels poden mostrar més clarament la “cinemàtica”, mentre que altres la “matèria treballada”. Cap la possibilitat que téxels de diferent magnitud representin o no l'ús que els produeix, però en el cas que sí la representació no ha de ser parella sota les mateixes característiques particulars. El estudis preliminars ens confirmen que aquesta mena d'aportació diferencial dels téxels a la determinació de l'ús es dona (TOSELLI et al. 2002).

Les àrees de coneixement i descripció que implica cadascuna de les estadístiques respon a nivells diferents. La descripció dels téxels ens remet a la textura de la imatge i els seus components. Aquests téxels estan en la base del procés d'anàlisi de dades i descripció.

Podem afirmar que l'anàlisi estadística dels téxels és en major profunditat i detall que l'anàlisi de les imatges, en quant en el primer es té en compte tots i cadascun dels elements descriptors i les seves característiques de forma independent. Podem jerarquitzar els téxels per les seves grandàries, les dispersions que mostren en les escales de valors del atributs,...

En les anàlisis de les imatges, on es sintetitza els valors dels téxels que en ella són integrats, es perd el control sobre els téxels. Això pot causar problemes de classificació en darrera instància. La informació no discriminant en cadascun dels dos plànols d'observació es mostra sota diferents conductes; en el nivell d'observació del téxels són més detectables, en tant i en quant els elements de textura que s'escapen als patrons significatius són identificables i, si és necessari per al nostre processament de dades, descartables. Podem seleccionar aquells téxels d'interès, aquells que ens ajuden a encertar en la diagnosi d'ús.

En el plànol d'anàlisi de la imatge hem sintetizat els valors de tots els téxels de forma a-jeràrquica i pretenem extreure un valor mig per a cadascun dels paràmetres descriptius dels téxels. Així passem per alt que no tots els téxels són iguals, donat que responen a la descripció d'aspectes de l'ús diferent i hi ha un tant que ni tan sols respon a l'ús –que creen soroll i redundància–. Tot i sabent això, integrem tots els téxels en la mitja sota els mateixos paràmetres. Val a dir que aquesta opció no és tan matussera,

doncs estudis previs han mostrat que en les mitges de téxels per imatge hi ha informació discriminant (PIJOAN et al 2002).

Parteixo de la idea que l'estudi dels dos plànols de representació dels téxels ens aporta una representació més rica del desenvolupament del fenomen de l'alteració d'ús en superfície. En definitiva, ens queden dues bases de dades sobre les quals desenvolupar aquest treball:

1. Una base de dades on integrem els atributs dels téxels de totes les imatges, integrant una sèrie d'identificadors d'imatge i experiment per a cada téxel (Arxiu B·1·1).
2. Una base de dades on s'integren els valors mitjans i desviacions estàndard dels atributs dels téxels de cada imatge, així com el nombre de téxels i els nombre de píxels que els conformen. Per extreure aquests valors fem un processament estadístic sobre les bases de dades de téxels de cada imatge (Arxiu B·2).

4- El tractament estadístic de les dades. Primer apropament a l'estructura de les dades.

En el pla de desenvolupament del projecte prèviament és necessari un atansament a les dades mitjançant un processament estadístic de caire exploratori: abans de classificar “allò que tenim”, hem de saber “què és”. Òbviament, aquesta anàlisi estadística prèvia té la intenció de començar a posar llum sobre un problema ja esmentat, com és l'alta variabilitat de la fenomenologia de les traces d'ús, així com també decidir quines seran les millors tècniques estadístiques cara a la classificació i anàlisi de les dades. Vull anotar i recordar en aquest punt que les imatges continuen sent la font per implementar les bases de dades d'aquest procés, però en aquest cas els atributs passen a veure's representats en una forma numèrica que va més enllà de la dels valors dels píxels.

En el cas de trobar una certa estructura de les dades, no hem d'oblidar que un algorisme o fórmula estadística no ens dona les raons d'una relació causal, sinó l'índex d'interrelació entre dues variables expressat de forma numèrica. No podem creure llavors d'una forma simplista que en haver trobat una correspondència entre una classificació i unes variables, aquestes siguin *per se* la causa de la variabilitat. En fenòmens d'alta complexitat la variabilitat espúria ens pot fer una mala jugada, i més si la variabilitat és ben baixa –com de fet veurem que sovint ocorre en el nostre cas–: acabem obtenint una adscripció dels individus als grups de tipus probabilístic. Tanmateix, si allò que pretenem és dur a terme una classificació i no una relació estricta entre variables dintre d'un procés, aquesta complicació no representa cap gran problema sempre que la implementació de les dades primeres s'hagi fet correctament –és a dir, tenint en compte que realment responguin a la variable que pretenem representar.

La nostra intenció és trobar el potencial discriminant d'unues variables –atributs– en l'anàlisi de traces d'ús. El marge d'error que aparegui ja ens ha d'indicar en principi el percentatge de causalitat que s'ha d'adscriure a altres factors –entre ells possiblement l'aleatorietat–. Però com hem apuntat anteriorment, pel simple fet de detectar aquest marge d'error, automàticament no sabrem fins on tindrà relació amb factors no recollits en el nostre model experimental, malgrat que puguem suposar-ho i posteriorment puguem dissenyar noves estratègies experimentals per adscriure'l fefaentment a uns factors hipotètics.

En definitiva, el que comporta tota la problemàtica exposada és que, un cop tenim els resultats, comença la tasca d'interpretació. Donat que els resultats ens ofereixen una associació en bona part relacionada amb la dinàmica del procés estadístic emprat, això ens obliga a ser curiosos amb l'elecció del mètode estadístic i amb la interpretació posterior dels resultats. Per dur a terme aquesta interpretació hem de recórrer al marc teòric de partida i la seva explicitació en el disseny del programa d'investigació –en aquest cas de caire experimental, fet que implica una comparació dels resultats amb les hipòtesis de partida.

La inferència estadística es desenvolupa amb la idea de permetre la presa de decisions –a partir d'un conjunt de dades– i analitzar la incertesa, cobrint un ampli ventall de situacions. Les estimacions que podem dur a terme mitjançant la inferència estadística són diverses: estimació de paràmetres, contrastació d'hipòtesis, ajustament de les dades i estudi de la significació dels resultats. Amb aquests mètodes podem introduir-nos en l'estudi de la significació estadística per gaudir d'un mètode de certificació d'allò que ens ha oferit un estudi donat.

Sí que gairebé podem assegurar, com es pot despendre de la variabilitat en la fenomenologia de les traces d'ús, que la relació de les variables –dependents i independents– que trobarem no serà de tipus unívoc. Més enllà dels índexs d'error lligats al mètode, la fenomenologia de les traces d'ús implica una dinàmica de formació caòtica –en el sentit de no estructurada euclídiament– i on el similar i particular es confonen, fins a obligar-nos a un apropament de caire probabilístic a l'hora de la classificació. Els estudis previs (veure capítol 1·2) demostren fins al moment actual aquest fet. Allò òptim seria reduir l'índex d'error en l'adscripció de l'ús al mínim possible i augmentar la probabilitat d'encert al màxim, trobant el mètode estadístic de classificació que millor s'adapti a la variabilitat de les dades.

4·1 Conceptes de mitja, desviació típica, asimetria, apuntament¹⁵⁰ i normalitat.

Malgrat que aquests conceptes solen ser prou familiars en estadística bàsica, per a evitar malentesos oferiré unes mínimes definicions semàntiques i algorítmiques.

¹⁵⁰ Apuntament equival en castellà-anglès a *curtosis-kurtosis* (glosari a DOMENECH 1982). Faig l'aclariment per la manca de familiaritat que patim amb la denominació catalana dels conceptes emprats en estadística.

Per començar els cinc conceptes són útils per a fer interpretacions sobre els significats de distribucions de freqüències, com les representades en els histogrames i els fulls de descriptius adjunts (Arxius B·3·1 i Taules A·1·1).

Entre els conceptes que exposo el de mitja és el més familiar. Es tracta d'una mesura de tendència central d'un conjunt de dades o població. La mitja pretén representar, dintre d'una distribució de casos d'una població X donada, l'individu amb un valor ponderat entre tots els casos o "individu tipus"¹⁵¹. Algorítmicament és la suma dels valors de tots els casos per a una variable o atribut concret dividit pel mateix nombre de casos. Això s'expressa amb la fórmula (PÉREZ LÓPEZ 2001: 157):

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k x_i n_i$$

Els conceptes de "mitja" i de "distribució de casos" impliquen el de "variabilitat", que com la paraula indica refereix a l'amplitud dels valors possibles que poden adoptar els individus d'una població. La forma més usual d'expressió de la variabilitat és la desviació estàndard. La podem definir com l'arrel quadrada de la variança, que equival al quadrat de la mitja de les diferències de tots els casos respecte a la mitja. La fórmula que empra l'SPSS és la que també s'anomena de la quasi-desviació estàndard (PÉREZ LÓPEZ 2001: 163):

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k (x_j - \bar{X})^2 n_i}$$

Aquests dos conceptes o paràmetres són sovint suficients per a caracteritzar poblacions. Tanmateix, la teoria estadística postula que perquè aquests paràmetres siguin representatius de la població a què refereixen, han de ser aplicats sobre "distribucions normals". Són distribucions normals aquelles on el valor mitjà es l'eix entorn del qual s'agrupen gradualment valors possibles que pot adoptar una variable en

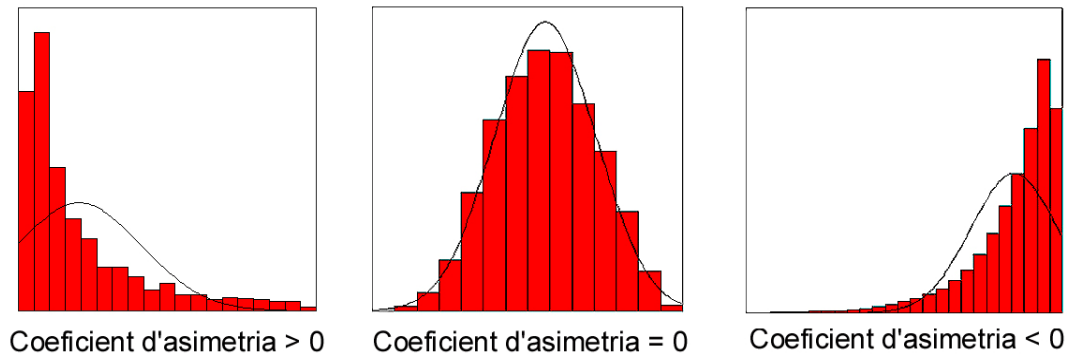
¹⁵¹ Tot i que el concepte de "individu tipus" ens pugui sobtar per unes connotacions negatives que li podem carregar, és el que dona sentit a l'ús de la mitja com a índex significatiu. Més tard entendrem aquesta qüestió.

la població, tant cap a una banda com cap a l'altra de l'histograma de distribucions d'una forma més o menys equilibrada.

Per entendre la simetria hem d'entendre primer el concepte de mediana. La mediana d'un conjunt de dades és el valor que està en el punt central de la distribució de casos per a una població, és a dir que tant en ordre ascendent com descendent en relació a ell té al 50 % de la població per cada banda. Així, la mediana també és considerada una mesura de tendència central, que tanmateix no té gaire sentit si no és combinada i contrastada amb la mitjana. La simetria precisament es basa en una comparació de la divergència, o diferència, entre la mitja i la mediana; amb la finalitat d'obtenir una mesura de normalitat de la població de dades. Hi ha diverses maneres de calcular-la, però la més usual és el "coeficient d'asimetria de Fisher", que s'expressa sota la fórmula següent (PÉREZ LÓPEZ 2001: 166):

$$g_1 = \frac{m_3}{\sigma^3} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (x_j - \bar{x})^3 n_i}{\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (x_j - \bar{x})^2 n_i \right)^{3/2}}$$

Hi ha uns valors convencionals per a valorar la simetria. Quan el valor obtingut és negatiu tenim una asimetria negativa; quan el valor és 0 la distribució és simètrica; quan el valor és positiu tenim una asimetria positiva (DOMÈNECH 1982: 262). Una altra forma de valorar-ho (McCLAVE, BENSON 1994: 57) és la que considera que quan el valor de la mediana és menor que el de la mitja tenim una distribució positiva (cap a la dreta; traduït de l'anglès McCLAVE, BENSON 1994); si la mediana i la mitja són iguals la distribució és simètrica; i si la mediana és major que la mitja tenim una distribució negativa (cap a l'esquerra; traduït de l'anglès McCLAVE, BENSON 1994). També s'accepta que un valor superior a 1 ó -1 és indicador, en principi, que la distribució difereix significativament d'una distribució normal. La mesura d'asimetria és un concepte molt geomètric, el qual es pot entendre amb la forma de l'histograma al qual estigui relacionada la població a que fa esment (Gràfic 4.1).



Gràfic 4-1 – Forma dels histogrames i adaptació a la corba normal en funció del seu coeficient d'asimetria.

Una altra mesura on la geometrització es fa encara més evident en el concepte és el coeficient d'apuntament, el qual mesura el “pendent” dels valors de la distribució d'una població donada respecte a una corba tipus –la corba normal o corba de Laplace-Gauss. Val a dir que la denominació en català és molt més descriptiva que la castellana-anglesa; geomètricament parlant l'apuntament s'evidencia en l'agudesesa +/- de l'histograma. És en definitiva una mesura de dispersió on es mostra el nivell d'agregació respecte a les tendències centrals –mitja i mediana– d'una població de dades. Té sentit el seu ús quan ens trobem enfront de distribucions en forma de campana, és a dir unimodals, simètriques o amb lleugera asimetria. La fórmula per al seu càlcul és la següent (PÉREZ LÓPEZ 2001: 167):

$$g_2 = \frac{m_4}{\sigma^4} - 3 = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (x_j - \bar{x})^4 n_i}{\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (x_j - \bar{x})^2 n_i \right)^2} - 3$$

També existeixen uns valors convencionals per qualificar les distribucions en funció del seu valor d'apuntament: si el valor és superior a 0 tenim una distribució leptocúrtica (apuntament major que la corba normal), si és igual a 0 en tenim una de mesocúrtica (apuntament igual a la corba normal) i si és inferior a 0 una de platicúrtica (apuntament menor que la corba normal). El valor medeix el grau d'aplanament respecte a la corba normal.

La simetria i l'apuntament poden ajudar a indicar si una població és normal, però els estadístics que són definitius són les proves de normalitat de Kolmogorov-Smirnov. El resultat que ens dona és senzill d'interpretar; es tracta d'un valor de significança de probabilitat: si el valor de la prova és menor de 0,05 podem dir que la probabilitat de què la distribució sigui normal és significativament baixa, amb la qual cosa podem considerar que la distribució és anormal (PÉREZ LÓPEZ 2001: 280).

4·2 Interpretació de les distribucions obtingudes: descriptius i histogrames per a cadascun dels atributs de les traces d'ús.

Com anteriorment explicava, el primer apropament exploratori l'he fet a partir de la base de dades on es recullen la totalitat dels téxels (76.961 casos). Simplement he elaborat els histogrames de distribució i els descriptius explicitats en l'anterior apartat (Arxiu B·3·1 i Taula A·1·1) amb l'única intenció de saber amb què ens trobem. Tenint en compte el volum de dades amb què treballem, es fa imperativa una primera visió de conjunt d'aquesta mena.

Tanmateix, val a dir que els resultats que hem obtingut són, si més no, sorprenents per a la totalitat de les variables. Per començar no hem detectat ni una sola distribució normal, ni per a cap dels atributs, ni per a cap de les diferents matèries treballades (Arxiu B·4·1). Presentar primer els resultats de la prova de normalitat de Kolmogorov-Smirnov sense abans fer esment dels valors dels descriptius és potser un procediment poc ortodox, però davant dels resultats obtinguts aclareixo moltes expectatives que es podien tenir.

- Atribut de magnitud: "àrea". Obtenim una distribució d'anormalitat extrema. Si ens fixem en els histogrames (Arxiu B·3·1) la distribució és evidentment asimètrica, més enllà del fet que ens fixem en els valors d'asimetria (positiva i entre un rang de 11,81 i 27,79 amb una mitja de 17,43; Taula A·1·1) es fa evident una distribució en funció de la grandària dels téxels, on la freqüència és inversament proporcional a la grandària. Els valors d'apuntament segueixen el mateix patró d'anormalitat descrit, evidentment leptocúrtica tant a la vista de l'histograma com pels valors obtinguts (dins d'un rang que va des de 178,07 a 1036,19 amb una mitja de 404,74; Taula A·1·1). Amb aquests valors que indiquen una anormalitat evident, resulten poc descriptius del conjunt de dades

els valors de mitja i desviació típica. En la teoria se suposa que la mitja representa a un individu tipus d'una distribució, però sempre que la distribució de què es parteix sigui normal o aproximadament normal. En aquesta mena de distribució obtinguda la mitja només representa un valor mig del conjunt amb el qual no s'hi assimila la major part dels casos. S'evidencia aquest fet si ens fixem que la desviació típica obtinguda és extremament superior a la pròpia mitja, aproximadament 5,5 vegades (Taula A·1·1). Tot i que observem una tendència dels 4 valors descriptius a augmentar o disminuir en funció de la duresa de la matèria treballada, és il·lícit fer aquesta inferència tenint en compte l'anormalitat del conjunt de dades.

- Atributs de composició: “mitja de la lluminositat”, “desviació típica de la lluminositat”, “moda de la lluminositat”, “lluminositat mínima”. Aquests atributs presenten distribucions de campana que en aparença podrien resultar normals (Arxiu B·3·1). Fins i tots els quatre valors descriptius (menys en el cas de “moda de la lluminositat”, on es disparen per sobre de -1 l'asimetria i també l'apuntament, tot i que tots dos de forma moderada) podrien voler indicar que les distribucions són normals. Tanmateix, la prova definitiva de l'estadístic de normalitat de Kolmogorov-Smirnov ens dona que cap dels quatre atributs presenta una distribució normal, fins i tot amb valors inferiors de 0,00 (Arxiu B·4·1b). Els gràfics Q-Q de normalitat (Arxiu B·5) ens indiquen les causes d'aquesta anormalitat; podem observar que tot i que la major part dels casos segueixen la línia de regressió prou ajustadament, existeixen dues cues d'*outliers* que provoquen l'anormalitat de la distribució. Hom pot creure que la solució estadística passaria per eliminar aquestes cues per forçar la normalitat de la mostra i llavors tornar a fer una estadística comú. Però per dues raons intento evitar aquest procediment de forma precipitada: 1) Considero il·lícit eliminar una sèrie de téxels per entrar dintre de la categoria de “*outlier* estadístic”, perquè per molt que evitin el “tipisme” de la distribució normal, parteixo del principi que representen quelcom significatiu –ontològicament parlant– del fenomen de les traces d'ús, que és el que m'interessa estudiar 2). A més, tot apunta que per

molt que eliminem els extrems¹⁵² tampoc obtindrem resultats descriptius diferencialment significatius pel que fa a la matèria treballada, doncs si ens fixem en els valors dels descriptius de la mitja tots són valors prou propers. La “desviació típica de la lluminositat”, distribuïda en un rang de 10,39 a 14,99 – amb una escala de valors que presenta una molt lleu tendència a vincular-se a la duresa de la matèria treballada– representa aproximadament el 50% del valor de la mitja, amb la qual cosa no podem emprar lícitament l'estadística descriptiva (Taula A·1·1). També hom podria dir el mateix de l'atribut “lluminositat mínima”, en un rang de 65,55 a 81,36; aquí una altra volta les desviacions típiques representen 1/3 o 1/4 del valor de la mitja. Amb tot, acabo considerant que aquesta distribució, que si bé no és simètrica sí ho és d'equilibrada, ens permet com a mínim treure una conclusió certa sobre el comportament d'aquests atributs, i és que existeix una “tendència” a l'agrupament dels téxels al voltant d'uns eixos de forma “normalitzada” –remarcant les cometes en què s'emmarca la paraula.

- Atributs de forma: Tots els atributs de forma presenten anormalitat evident només fixant-nos en els quatre descriptius, excepte “compacitat B” que mostra valors baixos d'asimetria i apuntament i com a cas únic tenen valor negatiu; tot i que val a dir que mitja i desviació típica no mostren tendències a diferenciar-se en relació a la matèria treballada (Arxiu B·4·1c). Després tenim un grup d'atributs amb uns coeficients de normalitat que continuen indicant una distribució anormal, però amb uns valors relativament moderats: “elongació”, “circularitat”, “quadratura”, “rectangularitat A”, “ratio perímetre/eix major”. L'altre grup mostra coeficients de normalitat extremadament alts, principalment l'apuntament: “compacitat A”, “irregularitat”, “diàmetre feret”, “rectangularitat B”. En aquest darrer grup els valors de desviació típica sovint són superiors als de mitja, el qual mostra una variabilitat extrema (Taula A·1·1).

¹⁵² Val a dir que he dut a terme la prova i contínuament obtenia noves cues que diferien de la recta de regressió de normalitat. Tot raurà, com explico, en el fet que la distribució de valors és molt ampla, fet constatable en una desviació típica que és altíssima i més comparant-la amb la mitja.

Vistos els resultats de l'exploració podem treure un parell de conclusions:

- 1) Les distribucions anormals dels atributs confirmen que la fenomenologia de les traces d'ús és d'una variabilitat extrema de difícil aprehensió, tal com he plantejat en el capítol 2·1·3.
- 2) Si bé les mitjanes no poden servir per discriminar entre usos, els altres tres descriptius sí permeten intuir que la clau d'aquesta discriminació estigui en les distribucions del conjunt de valors diferencialment. Em refereixo concretament als alts valors de desviació estàndard, asimetria i apuntament, que sovint mostren valors diferencials prou grans entre matèries treballades. Això ens pot fer pensar que on es troben les vertaderes diferències en els valors dels atributs, degudes o vinculades a l'ús, és en les distribucions.
- 3) En la base de dades d'imatges (veure subcapítol 3·2·4·1, Arxiu B·2), els valors mitjans i desviacions estàndard dels atributs dels téxels que s'hi recullen no són representatius de res, donat que les distribucions de les quals s'extreuen no són normals. Val a dir però que aquesta anormalitat en les distribucions és molt menor en els téxels inclosos dintre d'una sola imatge que la que detectem en la base general de téxels; la causa és senzilla: hi ha molta més autosimilitat en els téxels que s'integren en el marc d'una imatge que la que hi ha entre els de diverses imatges¹⁵³.

Malgrat que a un nivell un tant hipotètic, una altra conclusió que podem extreure és la possibilitat que l'anormalitat manifesta en la distribució de tots i cadascun dels atributs, per a totes i cadascuna de les matèries treballades, estigui vinculada a la distribució particular de l'atribut de magnitud "àrea"; en altres paraules, que la variabilitat i anormalitat de les distribucions dels valors dels atributs estiguin vinculades amb la grandària dels téxels, o que la grandària del téxel condicioni el rang de valors que pot adoptar l'atribut.

Recordem que, en principi, els valors dels atributs de composició i localització no han d'estar correlacionats —és a dir, no poden ser covariants—. Però la correlació sí

¹⁵³ Apunto ja ara que amb tot els resultats que vam obtenir amb les Xarxes Neurals per a aquesta base de dades foren altament discriminants. Això ens va obligar a fer una estadística *a posteriori* amb la base de dades d'imatges per poder contrastar els resultats amb els obtinguts per la Xarxa Neural. Arribats al capítol de Xarxes Neural en tornarem a parlar.

podria existir entre els valors dels atributs de magnitud i els de forma –extrem que entre altres coses pot ser suggerit per la forma mateixa dels histogrames, recurrent per a diversos atributs–. La correlació magnitud/forma vindria donada en raó de què tots els atributs de forma són equacions que prenen com a exponents valors de magnitud. En l'apartat subsegüent donaré resposta a aquesta qüestió.

4·3 La font de variabilitat i anormalitat dels atributs: el rang de valors en l'atribut “àrea”.

La dispersió de valors –o forma de l'histograma gràficament parlant– obtinguda per a l'atribut “àrea” és deguda a dos factors combinats: 1) el protocol d'extracció dels téxels en la imatge digitalitzada i 2) la natura del fenomen de formació de l'alteració d'ús en superfície. Aquests dos factors no deixen de ser la mateixa cosa en si mateix, des de les perspectives gnoseològica, ontològica i epistemològica del problema combinades en la praxis. Per això mateix no puc dur a terme una descripció sobre què implica un factor sense fer referència a l'altre. Tot i així per articular el discurs he preferit referir-me primerament als aspectes epistemològics i gnoseològics.

Els téxels que obtenim, en el seu nombre i la seva grandària, són fruit de les decisions que hem pres per desenvolupar el procés de *density slice* i segmentació, les quals ja estan explicitades en el subcapítol 3·2·3 del present text. Recordem que a banda de l'interval de lluminositat donat –entre 0 i 120 en l'escala de grisos– vam valorar que les agrupacions d'una mida a partir de 10 píxels serien registrades i quantificades en considerar-les representatives de les modificacions per ús –l'ús aparentment mostrat en la imatge–. Tanmateix, no ens hem de confondre i creure que donat que la mostra està condicionada per les decisions preses en el procés de segmentació, aquesta mostra no sigui representativa de l'alteració d'ús; de fet, la mostra representa fefaentment la forma com l'alteració d'ús es desenvolupa.

En el subcapítol 2·1·3 he presentat un model per a l'explicació de la formació de l'alteració d'ús en superfície. Ara però m'agradaria parlar de com el seu desenvolupament condiciona la mostra que obtenim i la dispersió de valors –o “variabilitat”– obtinguda. El procés gradual de formació de l'alteració d'ús implica un patró donat d'expansió espacial en la superfície lítica, començant en la zona de tall i des dels punts més elevats del microrelleu de la superfície de la matèria primera –més exposats a la fricció generada pel treball–. En un moment inicial, aquests punts són

ínfims per a posteriorment expandir-se a mesura que es desenvolupa l'acció dinàmica de treball, mostrant cada cop més àrees evidents del que anomenem comunament "micropolit". Arran de l'expansió, les àrees van unint-se amb les veïnes per a passar gradualment a formar-ne de més extenses. D'aquesta forma el nombre d'àrees petites alterades, tot i que conjuntament no impliquin una gran superfície, és molt elevat, donat que durant molta estona se'n van generant de noves, més enllà que les primerament generades evolucionin també a superfícies més grans per expansió i agregació de més petites primigènies. Aquest procés de canvi gradual desemboca en un patró de distribució de grandàries d'àrees similar al que el *density slice* ens ha donat¹⁵⁴. Així mateix, per la natura d'aquest mateix procés de formació, ben definit en el procés de *density slice*, és normal que apareguin més téxels de 10 píxels –representant a petites àrees d'alteració de nova formació– que no téxels de més de 10000 píxels –representant àrees d'alteració d'ús majorment desenvolupades–¹⁵⁵. Una altra cosa serà qüestionar si, en funció de la seva mida, totes les àrees són igualment representatives de cada ús concret; com així mateix, podrem qüestionar si la capacitat discriminatòria d'ús de cadascun dels atributs varia en funció de la magnitud dels téxels.

Hom podria al·legar que si la captació de les imatges s'hagués fet en un altre moment de desenvolupament de l'alteració d'ús, la imatge que obtindríem seria diferent i en conseqüència també els téxels que n'extrauríem. Això no deixa de ser cert, però si tenim en compte que la configuració d'una imatge depèn de factors que van més enllà de la forma de la realitat que representa (veure subcapítols 2·2·3 i 3·2), això perd importància. Una imatge pot ser diferent per molts factors, dels quals cap d'ells li treu validesa com a representació de la Realitat.

¹⁵⁴ Podem anar més enllà en l'explicació. En alguns usos concrets que no generen fractura del tall en ús per escantellament –com per exemple treballs de sega o sobre teixits animals tous–, quan el procés de formació de l'alteració d'ús és molt avançat hi ha una agregació de l'alteració d'ús en superfície molt notable; és quan ens trobem amb els casos de les típiques dents de falç totalment esmussades i polides, fins i tot a nivell macroscòpic. Per contra, en treballs sobre matèries dures, amb contínues fractures del tall en ús, la regeneració de l'alteració d'ús en superfície és constant, iniciant-se des de zero a sovint; seria el cas per exemple del treball en os. En treballs sobre fusta hi ha un moment inicial en el que la contínua fractura del tall provoca la regeneració constant de l'alteració d'ús en superfície; però posteriorment se sol arribar a un moment en el qual cessa el procés de fractura, portant en conseqüència una estabilització del procés de formació d'alteració d'ús en superfície, la qual cada cop es va agregant en àrees majors.

¹⁵⁵ La captura de les imatges digitals amb les quals s'ha treballat ha estat en aquest moment concret de desenvolupament de l'alteració d'ús en superfície, quan encara no ha cobert àmplies àrees. El procés de segmentació de téxels en la imatge reflectirà necessàriament aquest moment. A més, la selecció d'un interval de llum clar –0 a 120– per a representar l'alteració d'ús en el cas d'usos sobre teixits tous d'origen animal, usos en els quals l'alteració "real" inclouria zones fosques no integrades pel *density slice* 0-120, implicarà que els téxels emergents tendeixin a ser de grandària petita i dispersos espacialment.

En el subcapítol 3·1 ja estan explicitats els criteris que vaig emprar per a determinar el temps mínim d'aplicació d'energia en els experiments: obtenir una mostra mínima d'imatges amb alteració d'ús en superfície, obviant els estats de desenvolupament mostrats en cada imatge concreta¹⁵⁶.

4·3·1 La correlació entre píxels seleccionats i téxels apareguts en una imatge.

Una de les formes de valorar i discriminar el paper que ha tingut el procés de *thresholding* en la base de dades obtinguda de téxels és correlacionant el nombre de píxels seleccionats en una imatge després de l'aplicació del *density slice* 0-120 amb els téxels emergents resultants. Amb aquest objectiu, ara treballaré amb la base de dades que recull les mitges i desviacions estàndard per als atributs dels téxels dintre d'una imatge. (capítol 3·2·4·1), que per abreujar a partir d'ara anomenarem com a “base de dades d'imatges” contraposada a l'altra “de téxels”.

Al principi del treball, creia que convenia tractar amb imatges on el grau d'expansió de l'alteració d'ús fos diferent, doncs volia obtenir una mostra general i significativa sobre com es pot conformar l'alteració. La causa d'aquest raonament estava en què ens convé que tots els usos tinguin diferents graus de desenvolupament de l'alteració d'ús i que el propi grau de desenvolupament no sigui atribut definitori. En la base de dades d'imatges, comprovem que la correlació entre els píxels seleccionats per a cada imatge amb els téxels emergents, també en funció de la matèria treballada, no existeix (Gràfics A·1).

Tot i aquesta suposada manca de relació, trobem una dada que pot contradir en part aquesta afirmació anterior. Podem observar que les diferents matèries treballades tenen una mitjana dels téxels diferent (Taula 4·1), seguint la gradació de valors una certa tendència d'acord amb les seves dureses. En el treball de les matèries més toves apareixen major nombre de téxels. Tanmateix, el nombre de píxels seleccionats – vinculat al procés de *density slice* i a l'extensió de l'alteració d'ús en la imatge– sembla ser similar per a les diferents matèries treballades. En principi i vistes les mitges,

¹⁵⁶ L'aplicació d'energia de treball durant més temps implica segons alguns autors (per ex GRACE 1989 i GONZÁLEZ, IBÁÑEZ 2003) canvis en el patró de dispersió espacial de les zones alterades. Això dit d'aquesta manera és ben inexacte, doncs aquests temps necessaris són dispars depenent de la matèria treballada; a més d'altres factors que ara considero superflu enumerar. A més, segons en quina matèria treballada això és incert: en treballs sobre matèries dures la fractura constant del tall impedeix *ad eternum* la formació de platges d'alteració d'ús en superfície. En certa forma per aquest mateix criteri és molt difícil de trobar un acord sobre quin seria el temps de treball necessari per obtenir una alteració d'ús de la superfície “òptima”.

semblaria que la tendència general de les matèries toves és generar més t xels i més petits. Hom pot dir que aquesta conclusió, tractant simplement amb mitges barroeres i vistos els gràfics anteriors, és ben agosarada. Tanmateix, les similars desviacions típiques per a cada matèria reafirmen que la “tendència” existeix, tot i que val a dir que les mateixes desviacions típiques són massa elevades en relació a la mitja, la qual per aquesta raó deixa de ser representativa d’un cas tipus.

	Nombre de t�xels		Nombre de píxels	
	Mitjana	Desviació típica	Mitjana	Desviació típica
Descarni	164,14	40,65	7862,37	3971,79
Pell fresca	175,16	49,98	7729,50	4849,95
Pell seca	123,67	47,22	5557,54	3481,02
Fusta fresca	106,15	39,24	7223,80	3342,82
Fusta seca	99,05	38,98	5873,97	2988,23
Os	79,69	47,61	7663,03	3570,35
Petxina	71,13	25,80	7921,28	3094,21

Taula 4-1 – Mitjanes i desviacions típiques de “nombre de t xels” emergents i “nombre de píxels” seleccionats en la imatge per matèries treballades.

Per altra banda, no representa cap problema que les desviacions típiques per a una i altra variable siguin altes i no vinculades a les matèries treballades, doncs com he dit convé que la mostra reculli diferents graus de desenvolupament de l’alteració d’ s per a cadascuna de les matèries treballades.

	Correlació de Pearson	Coefficient de Determinació
Descarni	-0,0548	0,0030
Pell fresca	0,4939	0,2439
Pell seca	0,4641	0,2154
Fusta fresca	0,1906	0,0363
Fusta seca	0,2608	0,0680
Os	0,2655	0,0705
Petxina	0,2382	0,0567
Totes	0,1791	0,0321

Taula 4-2 – Correlació de Pearson i Coeficient de Correlació per al creuament de “nombre de t xels” emergents i nombre de píxels seleccionats.

Passant ara a valorar el supòsit que “nombre de t xels emergents” i “nombre de píxels seleccionats” siguin covariants, la correlació de Pearson (Taula 4-2) ens indica que la correlació existeix entre totes dues variables, amb un índex elevat en la major part dels casos. El factor de la duresa de la matèria treballada no actua de forma gradual

en relació a un major índex de correlació, tot i que hom pot percebre una certa tendència general en aquesta línia.

Tanmateix, els coeficients de Pearson resulten enganyosos, i si anem a fixar-nos en el coeficient de determinació (Taula 4.2) –quadrat del coeficient de Pearson, índex molt més fiable i explícit a l'hora de trobar correlacions reals– veiem que la correlació és pràcticament inexistente, menys per a les categories de “pell” (fresca i seca), on els valors al voltant del 0,25 no són menyspreables¹⁵⁷. Així mateix, la correlació entre ambdues variables no té gaire lligam amb la matèria treballada¹⁵⁸.

La conclusió general és que en cada imatge, quan s'aplica el *density slice* en l'interval de lluminositat 0-120, tant el nombre de píxels seleccionats com els de téxels emergents són dispars en cadascuna de les imatges, sense que això guardi cap relació amb la matèria treballada, almenys pel que fa als nombres bruts.

Malgrat tot tenim el cas de la “pell”, fresca i seca, amb certa tendència. Tot plegat la correlació hauria de fer referència als diversos comportaments de formació i expansió de l'alteració d'ús en superfície en funció de la matèria treballada. En pell, on el patró de dispersió de l'alteració d'ús és més irregular –mostrant-se en la imatge com una major dispersió de téxels amb àrees tendents a ser més petites i disperses–, es fa evident que un major nombre de píxels seleccionats –més àrea global alterada– implica –en certa forma tautològicament– una tendència a l'emersió d'un major nombre de téxels. Així mateix, en les matèries més dures –on el desenvolupament de l'alteració d'ús crearà àrees cada cop més grans per l'agregació d'una munió de més petites expandint-se– la correlació ha de ser molt més lleu necessàriament, tot i que no d'una forma necessària i unívoca –fet que en la imatge es materialitzarà en el fet que un major nombre de píxels seleccionats no ha de significar necessàriament un major nombre de téxels, sinó que també és possible que aquests s'hagin agregat en un de major¹⁵⁹.

Com a conclusió final, puc afirmar que, vistos els resultats, el procés de *density slice* no ha condicionat en gran mesura els valors obtinguts en els conjunts de dades per

¹⁵⁷ Recordem que tant el coeficient de correlació de Pearson com el coeficient de determinació tenen com a valor màxim de referència 1, que és igual a una correlació perfecta entre dues variables.

¹⁵⁸ Val apuntar que el coeficient de Pearson sovint no se'l considera un bon índex de correlació, donat que per a dur a terme el càlcul de la correlació sobrevalora els extrems de la distribució i no para esment especial en la regressió real dels dos conjunts que compara.

¹⁵⁹ Tanmateix, he de reconèixer que se'm fa difícil trobar explicació al fet de la diferència de comportament de “descarni” i “pell fresca”, que a hores d'ara en diversos tests han provat tenir un comportament de formació i creixement de l'alteració d'ús en superfície molt similar.

a cada matèria treballada. Això, com ja he comentat, és positiu, doncs evitarem obtenir resultats significatius en funció de diferències en el procés d'extracció de les dades, així com també ens assegurem que cada "matèria treballada" estigui representada per diferents graus de desenvolupament de l'alteració d'ús en superfície.

4.3.2 L'anormalitat dels atributs de magnitud i la seva extensió als de forma.

L'anormalitat sota la forma d'asimetria positiva de l'atribut "àrea" es fa extensiva a la resta de mesures de magnitud: "perímetre" i "eixos" dels téxels. És tautològic, si es vol, que els téxels més grans es caracteritzin per disposar d'eixos i perímetres més grans; així mateix, a la inversa amb els téxels més petits. Tot i que les proporcions puguin canviar –fet que precisament volem comprovar amb les equacions dels atributs de forma– hi ha d'haver una correlació implícita segura fins a cert nivell. Ja he comentat anteriorment els alts valors d'asimetria i d'apuntament de l'atribut "àrea" (Taula 4.3).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Àrea del téxel								
Mitjana	48,21	44,25	44,97	68,76	59,28	95,29	110,21	66,65
Desviació típica	231,93	143,17	179,61	319,21	268,05	461,04	531,67	331,04
Asimetria	27,79	18,24	20,47	17,60	17,15	12,85	11,81	17,43
Apuntament	1036,19	447,76	561,31	411,51	370,82	217,27	178,07	404,74

Taula 4.3 – Descriptius per a l'atribut "àrea", per al total de téxels i per matèries treballades.

També s'ha comentat que una distribució asimètrica com l'obtinguda no permet un processament estadístic convencional i provoca que el treball amb les mitges resulti incorrecte. La mitja mostra un punt mig aritmètic no representatiu d'una mena d'"individu tipus", que a fi de comptes és allò que vol representar la mitja i que per la qual cosa té sentit definir-la.

Com ja he esmentat, la relació entre els valors dels atributs de magnitud ha de ser necessàriament directa fins cert punt; una altra cosa és que les relacions entre els quatre atributs siguin diferents en funció de l'ús, però precisament això és el que pretenem estudiar en el atributs de forma. En aquest sentit, comprovem que la interrelació entre els atributs de magnitud, per a tots els téxels, és efectivament significativa (Taula 4.4). Podem així identificar l'anormalitat i l'asimetria dels atributs "perímetre", "eix major" i "eix major perpendicular" com correlacionada amb l'anormalitat i l'asimetria de l'atribut "àrea". Tanmateix, aquesta correlació és diferent

per diferents matèries treballades i dintre d'aquestes en diferent proporció en els diferents atributs. És també per l'alta correlació entre les mesures de magnitud que he pres com a referent de la magnitud l'atribut "àrea" entre els quatre de que disposem. A banda d'això, ja tenim les atributs de forma per a calcular la discriminació per ús deguda a la correlació entre els atributs de magnitud.

Coeficient de determinació Àrea of téxel	Perímetre del tèxel	Eix major del tèxel	Eix major perpendicular del téxel
Tots els téxels	0,830	0,747	0,704
descarni	0,847	0,645	0,687
pell fresca	0,896	0,664	0,719
pell seca	0,824	0,728	0,691
fusta fresca	0,847	0,771	0,670
fusta seca	0,841	0,752	0,665
os	0,827	0,778	0,731
petxina	0,880	0,790	0,785

Taula 4·4 – Coeficient de determinació dels atributs de magnitud amb l'atribut "àrea" per al totals de téxels i per matèries treballades.

En el cas dels atributs de forma tinc un especial interès en detectar les causes de l'anormalitat i asimetria, doncs considero que aquests atributs han d'aportar informació clau per a la discriminació entre usos. Val a dir que només observant els histogrames obtinguts, ja podem intuir quins són aquells atributs on l'asimetria i l'anormalitat estan relacionada amb la d'àrea; és a dir, que són relacionades amb la grandària del téxel d'on procedeixen (Arxiu B·3·1). Anant a allò més concret pel que fa a les correlacions d'àrea amb els atributs de forma, se'n detecten algunes, però ni molt menys per a tots els casos (veure taula 4·5).

Els nivells de correlació d'"elongació" i "compacitat B" amb "àrea" són pràcticament nuls; amb "circularitat", "ratio circularitat/estretor", "rectangularitat A" quasi estem al mateix nivell. En "quadratura" i "ratio perímetre/eix major" ja trobem certa correlació, tot i que continua sent baixa. En "compacitat A" i "irregularitat" està al voltant del 50 %. Ja per a acabar, "diàmetre feret" i "rectangularitat B" mantenen un alt nivell de correlació, sobretot pel segon atribut¹⁶⁰.

Si vull evidenciar aquesta correlació, recordem que és en raó de localitzar l'anormalitat manifesta en la distribució de tots el atributs i ficar-la en relació a la

¹⁶⁰ Just aquests dos atributs els podem considerar més aviat com a atributs de magnitud derivats que no de forma. Malgrat que el seu índex deriva d'una relació aritmètica –com els atributs de forma–, el valor que mostra és tan vinculat i **condicionat** a "àrea" que finalment que no pot ser considerat netament un atribut de forma.

distribució de grandàries d'àrea. En certa forma pot resultar evident i tautològic que existeixi un cert nivell de correlació entre algun atribut de forma i “àrea”, doncs els valors de magnitud formen part de l'equació de forma en sí. Però el fet que existeixi una correlació alta no significa necessàriament que les dues variables indiquin el mateix, doncs, a més, allò que ens interessa és la diferència d'aquesta correlació entre diferents matèries treballades.

Coeficient de correlació	Elongació	Circularitat	Quadratura
Tots els téxels	0,003	0,035	0,262
descarni	0,000	0,027	0,224
pell fresca	0,000	0,052	0,329
pell seca	0,000	0,040	0,289
fusta fresca	0,002	0,042	0,308
fusta seca	0,008	0,039	0,275
os	0,013	0,044	0,297
petxina	0,001	0,053	0,369
	Ratio Cir./Est.	Compacitat A	Irregularitat
Tots els téxels	0,017	0,405	0,679
descarni	0,014	0,403	0,663
pell fresca	0,027	0,533	0,709
pell seca	0,020	0,466	0,667
fusta fresca	0,021	0,470	0,676
fusta seca	0,019	0,389	0,709
os	0,022	0,431	0,706
petxina	0,025	0,501	0,808
	Rectangularitat A	Ratio Per./Eix Max.	Diàmetre Feret
Tots els téxels	0,072	0,189	0,767
descarni	0,066	0,182	0,687
pell fresca	0,086	0,265	0,738
pell seca	0,103	0,217	0,735
fusta fresca	0,087	0,215	0,753
fusta seca	0,065	0,187	0,762
os	0,081	0,203	0,810
petxina	0,118	0,295	0,820
	Compacitat B	Rectangularitat B	
Tots els téxels	0,005	0,915	
descarni	0,001	0,805	
pell fresca	0,003	0,948	
pell seca	0,002	0,793	
fusta fresca	0,006	0,923	
fusta seca	0,008	0,959	
os	0,012	0,930	
petxina	0,007	0,948	

Taula 4-5 – Coeficient de correlació dels atributs de forma amb l'atribut de magnitud “àrea”.

4.3.3 L'amplitud de rang de l'atribut "àrea".

Malgrat que ens consta que les decisions per dur a terme el *density slice* són correctes, es crea un problema quan acabem tractant amb un rang definitori de téxels massa ample, doncs això pot provocar que la gran variabilitat de valors possibles tingui conseqüències en la variabilitat dels altres atributs amb què treballem i amb unes distribucions dels conjunts descompensades en la seva composició. Ha de resultar obvi que un téxel de 10 píxels és un subjecte molt diferent d'un de 10.000, passant per tots els valors intermitjos possibles. En definitiva, ens podem trobar amb el problema que comparem síndries amb lleties.

L'aparició de l'alteració d'ús en superfície en el conjunt d'imatges és molt dispar, fet que es mostra en el nombre de píxels seleccionats en cadascuna d'elles (veure subcapítol 4.3.1). Aquest com s'ha pogut veure és molt variable. Per aquestes raons no s'ha considerat que, en principi, els atributs de magnitud siguin bons indicadors de l'ús, doncs els seus valors estan compresos per un rang de valors massa ampli i aquests depenen en excés de la quantitat d'àrea amb alteració d'ús en superfície en la imatge. Tanmateix, es fa igualment imperatiu un examen exploratori per saber amb què tractem.

Una variabilitat tan àmplia per a l'atribut "àrea" –o el que és el mateix, una grandària del téxel tan variable– pot tenir molta influència en els valors de tots i cadascun dels atributs vinculats al téxel. És fàcil entendre que un téxel de 10 píxels pugui assumir un nombre potencial de "formes" més limitat que un téxel de 10.000 píxels. Recordem també que el programa d'imatge, per a evitar que la deformació ortogonal del píxel tingui un efecte en els càlculs de mesura, implementa uns algorismes de reajustament que en téxels de 10 píxels tenen un efecte més limitat que en téxels de 10.000 píxels, on per la pròpia grandària els càlculs compensatoris tenen una acció més eficient. Així mateix, en els atributs de composició pot passar quelcom semblant: la desviació estàndard de la lluminositat pot ser molt menor en un téxel de 10 píxels que en un de 10.000 per una simple qüestió de casos que entren en el còmput de la mitja; igualment pot passar amb els atributs "moda" i "lluminositat mínima". Per altra banda, he comprovat experimentalment –eliminant-los i/o introduint-los– que els outliers tenen una gran influència en els resultats obtinguts en els índexs de correlació¹⁶¹.

Vist això, la conclusió a la que s'arriba és que el processament estadístic de les dades s'ha de fer a partir de conjunts de téxels en funció d'interval de grandària.

¹⁶¹ Aquestes proves no les he presentat ni resumit en el present treball, doncs pels resultats obtinguts he considerat que no aportaven més que confusió i extensió redundat al text.

Aquests intervals han de tenir un rang més o menys restringit. Així també aconseguim que, menys amb l'interval de téxels més grans –de més de 1000 píxels–, on els límits superiors són dispars segons sigui la matèria treballada, en tots els altres intervals totes les matèries treballades estan representades en tots els valors del rang més o menys.

També treballant amb intervals aconseguim fer una anàlisi dels téxels més grans sense que els seus valors acabin sent emmascarats pels valors dels téxels més petits, donat que aquests darrers són molt més freqüents.

Els intervals que proposo són:

- conjunt de téxels de més de 1000 píxels
- conjunt de téxels entre menys de 1001 i més de 100 píxels
- conjunt de téxels entre menys de 101 i més de 50 píxels
- conjunt de téxels entre menys de 51 i 10 píxels

Val a dir que els criteris per a seleccionar aquests intervals i no uns altres estan en un punt mig entre l'arbitrarietat experimental i la constatació de mostres suficientment representatives d'allò a què refereixen. Per exemple, per a l'interval de téxels més grans s'ha comprovat que tenim una mitja d'un téxel per imatge; així ens assegurem que quasi totes les imatges tenen com a mínim un téxel de més de 1000 píxels que les representi en l'estadística.

Tanmateix, es fàcil veure com els talls dels intervals estan arrodonits en múltiples de 10, de forma un tant arbitrària, però que no manlleua cap validesa a la partició tenint en compte la finalitat d'aquesta.

4.3.4 El cas dels atributs de composició.

Com ja he comentat anteriorment, els atributs de composició (lluminositat) han de ser tractats de manera independent dels de grandària, localització i forma, donat que particularment responen a la fenomenologia de la intensitat de llum. El que sí que ja s'ha comprovat ara com ara (veure subcapítol 4.2) és un model diferent de distribucions i un rang de valor particular dels descriptius en comparació als atributs de magnitud i forma. Recordem que si bé per als atributs de composició no obteníem normalitat en la distribució dels valors dels descriptius, sí que obteníem una “tendència vers la normalitat”.

Tot això no manleva la possibilitat que posteriorment puguem cerciorar que existeixin correlacions entre atributs de composició i forma, però tampoc podem afirmar-ho d'una forma agosarada i *a priori*. Posant en interrelació l'atribut àrea amb els quatre de composició, trobem que les correlacions que apareixen són tan baixes que es poden considerar inexistent (Taula 4·6).

Coefficient de determinació	Mitja de la lluminositat	Desviació estàndard de la lluminositat	Moda de la lluminositat	Lluminositat mínima
tots els téxels	0,0023	0,0016	0,0016	0,0214
descarni	9,508698E-05	0,0002	0,0019	0,0087
pell fresca	0,0002	0,0002	0,0011	0,0076
pell seca	0,0018	0,0017	0,0048	0,0292
fusta fresca	0,0035	0,0037	0,0006	0,0323
fusta seca	0,0055	0,0037	0,0012	0,0293
os	0,0071	0,0055	0,0017	0,0450
petxina	0,0186	0,0125	0,0008	0,0751

Taula 4·6 – Coeficient de correlació dels atributs de composició amb l'atribut "àrea".

Malgrat tot, no deixa de ser curiós que el coeficient de correlació augmenti el seu valor escaladament en funció de la duresa de la matèria treballada per a "mitja" i "desviació estàndard"; atributs els quals, partint de les nostres premisses i hipòtesis prèvies, són els més descriptius i de clara significança. Tanmateix, la correlació que existeix entre magnitud i composició podem afirmar que es tracta d'una covariància espúria donats els baixos valors que presenta, però reitero que es fa estrany que tot i així existeixi aquesta gradació.

Amb aquests resultats pràcticament podríem descartar la possibilitat de que hi hagi una variabilitat de la lluminositat vinculada a l'extensió del téxel. Una possible explicació se m'havia acudit en el fet que aquesta variabilitat podria estar relacionada amb el procés de captura de les imatges o amb la variança de valors de lluminositat que provoca el fet de que uns téxels tinguin més píxels o menys: quan més píxels major possibilitat de trobar un major nombre de valors. Hagués estat molt possible que per aquesta mateixa raó els téxels més petits pel que fa a lluminositat tinguessin tendència a ser més similars entre usos i que només les grans extensions d'alteració d'ús en superfície acabessin sent les vertaderament representatives per a distingir entre diferents matèries treballades. En un téxel de 10 píxel l'extensió limitaria la possibilitat d'assumir una variabilitat de lluminositat que mostrés inequívocament les característiques que indicarien un ús diferencial. Els téxels amb menys píxels es comportarien diferent en la

seva desviació estàndard i mitja de lluminositat pel simple fet que el còmput dels dos índexs es faria sobre menys valors. Igualment, recordem que per la mateixa lògica, les matèries toves haurien de posseir téxels molt similars en la composició. Tanmateix, el fet definitiu és que no hi ha una variabilitat significativa en els valors dels atributs de composició vinculada a la mida dels téxels d'on pertanyen. Això, es pot constatar en les taules de A·2·1 a A·5·1, en volum apèndix, on es mostren els valors de les mitges dels atributs de composició en els diferents intervals de grandària.

Tot això em reafirma en el fet que els atributs de composició han de ser tractats de forma independent dels de forma i localització, doncs el seu patró de distribució i/o “conducta” és diferent de forma més evident. Malgrat que continuem tenint anormalitat dels histogrames –la qual hem comprovat res té a veure amb l’anormalitat dels atributs de magnitud– (Arxiu B·3·1), aquesta és de caràcter ben diferent. Mentre que per als atributs de magnitud –i alguns de forma amb alt índex de correlació– teníem distribucions en els histogrames de caràcter absolutament asimètric i leptocúrtic, ara pels atributs de composició obtenim histogrames anormals, però amb forma de campana tendents a la normalitat, el qual es pot valorar com una diferència estructural considerable. Ara l’ús de testos de comparacions de mitges no resulta ser quelcom tan il·legítim i agosarat des dels principis teòrics de l’estadística.

Si ens fixem en la taula d’estadístics descriptius respecte als histogrames i la distribució de valors (Taula 4·7) veiem que tot i haver diferències, aquestes no resulten evidents creuant totes les matèries treballades, apareixent únicament una diferència en aparença més significativa entre matèries toves respecte a totes les altres. Tanmateix, per a comprovar la significança real d’aquestes diferències hem realitzat una altra mena de proves que comentaré millor posteriorment.

He comprovat per altra banda que existeix una alta correlació entre els atributs de composició, d’acord a l’índex de Pearson (Taula 4·8). “Mitja de la lluminositat” es relaciona positivament amb els atributs de “moda de la lluminositat” i “lluminositat mínima”, amb valors molt alts per a aquest segon. Aquesta correlació indica la mateixa tendència, una mica tautològica, doncs és obvi que si hi ha més píxels foscos el més normal és que la mitja de tots els píxels del téxel tendeixi a la foscor; així mateix, si la mitja és fosca, és més probable que el valor mínim de lluminositat sigui més alt – és a dir, més fosc.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Mitja de la lluminositat								
Mitjana	101,53	100,91	104,56	105,25	104,84	104,81	106,09	104,01
Desviació típica	8,79	8,13	6,93	6,74	7,29	8,36	7,57	7,97
Asimetria	-0,27	-0,37	-0,69	-0,46	-0,88	-0,55	-0,54	-0,56
Apuntament	-0,25	0,19	2,16	0,60	2,04	0,21	0,04	0,52
Desviació típica de la lluminositat								
Mitjana	14,99	15,05	11,74	10,63	11,09	11,70	10,39	12,26
Desviació típica	6,93	6,25	5,25	4,65	5,23	6,19	5,44	6,08
Asimetria	0,21	0,31	0,73	0,65	0,95	0,52	0,64	0,63
Apuntament	-0,34	-0,04	0,97	1,47	1,80	0,11	0,71	0,42
Moda de la lluminositat								
Mitjana	102,01	100,91	104,98	105,27	104,81	105,94	106,93	104,47
Desviació típica	19,94	19,55	14,72	13,67	14,63	15,94	13,98	16,41
Asimetria	-1,77	-1,66	-1,91	-1,53	-1,82	-1,94	-1,88	-1,91
Apuntament	3,24	2,95	5,30	3,55	4,99	4,62	4,90	4,72
Lluminositat mínima								
Mitjana	65,55	65,25	77,61	81,45	80,03	77,03	81,36	75,38
Desviació típica	26,43	24,30	20,58	18,32	19,99	24,22	22,05	23,51
Asimetria	-0,25	-0,35	-0,83	-0,83	-0,96	-0,64	-0,82	-0,69
Apuntament	-0,61	-0,31	0,79	1,38	1,28	0,06	0,65	0,19

Taula 4-7 – Descriptius dels atributs de composició, per total de téxels i per matèries treballades.

Mitja	descarni	pell fresca	pell seca	fusta fresca	fusta seca	os	petxina	totes
Desviació estàndard	-0,905	-0,890	-0,889	-0,876	-0,894	-0,919	-0,912	-0,903
Moda	0,563	0,544	0,575	0,633	0,617	0,613	0,628	0,595
Mínima	0,850	0,837	0,838	0,832	0,852	0,875	0,865	0,858
Desviació estàndard	descarni	pell fresca	pell seca	fusta fresca	fusta seca	os	petxina	totes
Mitja	-0,905	-0,890	-0,889	-0,876	-0,894	-0,919	-0,912	-0,903
Moda	-0,461	-0,428	-0,451	-0,482	-0,492	-0,504	-0,520	-0,481
Mínima	-0,927	-0,919	-0,922	-0,914	-0,924	-0,933	-0,921	-0,930
Moda	descarni	pell fresca	pell seca	fusta fresca	fusta seca	os	petxina	totes
Mitja	0,563	0,544	0,575	0,633	0,617	0,613	0,628	0,595
Desviació estàndard	-0,461	-0,428	-0,451	-0,482	-0,492	-0,504	-0,520	-0,481
Mínima	0,358	0,318	0,357	0,396	0,417	0,411	0,417	0,389
Mínima	descarni	pell fresca	pell seca	fusta fresca	fusta seca	os	petxina	totes
Mitja	0,850	0,837	0,838	0,832	0,852	0,875	0,865	0,858
Desviació estàndard	-0,927	-0,919	-0,922	-0,914	-0,924	-0,933	-0,921	-0,930
Moda	0,358	0,318	0,357	0,396	0,417	0,411	0,417	0,389

Taula 4-8 – Correlacions entre els descriptius dels atributs de composició, per matèries treballades i total de tèxels.

Tot i la tautologia, cal apuntar que la correlació entre “mitja de la lluminositat” i “moda de la lluminositat” és diferent per a diferents matèries treballades, amb una certa tendència a estar en funció de l’escala de dureses. Per a la correlació “mitja de la lluminositat” amb “lluminositat mínima” ocorre el mateix, amb el trencament de la tendència en “descarni”. Per altra banda, la correlació és pràcticament idèntica a la mantinguda entre “mitja de la lluminositat” i “desviació estàndard de la lluminositat”, però ara en positiu.

“Desviació estàndard de la lluminositat” es relaciona negativament amb tots i cadascun dels altres atributs de composició. Respecte a “moda de la lluminositat” i “lluminositat mínima”, la relació –tanmateix no tant alta en “moda de la lluminositat” com amb “lluminositat mínima” i “mitja de la lluminositat”– implica que els téxels més foscos, en els quals el valor de lluminositat és més alt –per freqüència o com a límit–, “desviació estàndard de la lluminositat” és menor, significat això una major regularitat. Per altra banda, cal remarcar la gran correlació negativa entre “desviació estàndard de la lluminositat” i “lluminositat mínima”.

Per acabar amb les correlacions, la positiva mantinguda entre “moda de la lluminositat” i “lluminositat mínima”, tot i que baixa, és significativa i es pot percebre una certa tendència a l’organització del rang de valors en funció de la duresa de la matèria treballada –altra volta amb l’excepció limitada de “descarni” que es desmarca un tant–. La relació, en si però, torna a tenir un cert significat tautològic, doncs ha de semblar obvi que si els píxels amb valor alt són els més abundants, més fàcil és que la lluminositat màxima enregistrada per al mateix téxel també tingui un valor més alt.

4·4 Exploració dels diferents rangs de magnitud.

En principi allò que hem de dur a terme, un cop ja estan determinats els intervals de magnitud, és una nova exploració dels atributs. S’hauria de posar una especial èmfasi en si es continua mantenint l’anormalitat o si bé en algun interval aquesta situació canvia.

Els resultats mostren alguns canvis en les tendències o trets que definien les distribucions anteriors. Obtenim que part de les distribucions dels atributs en l’interval que recull els téxels de +1000 píxels assoleixen nivells de normalitat (Arxiu B·4·2). Recordem que empràvem la prova de significació al valor 0,05 i superior per a atorgar normalitat als conjunts. Mentre que per “àrea” estem en les mateixes condicions que abans, per les causes esmentades (veure subcapítol 4·3), per als atributs de composició

“mitja de la lluminositat” i “desviació estàndard de la lluminositat” tenim distribucions normals, per a totes les matèries treballades en el primer atribut i per al segon atribut en totes les matèries treballades menys les dues més dures: os i petxina. Per als altres dos atributs, “moda de la lluminositat” i “lluminositat mínima”, algunes matèries treballades presenten distribucions normals i altres només amb certa tendència.

Per als atributs de forma tenim variabilitat en els resultats. “Circularitat” i “ratio circularitat/estretor” queden com en l’anàlisi anterior de tots els téxels –a nivells inferiors a 0,000– i per a “diàmetre feret” i “rectangularitat B” pràcticament podem dir el mateix, doncs la normalitat de la matèria treballada “pell fresca” la vinculo bàsicament al poc nombre de casos del conjunt de dades en ella recollida, que comporta que l’assignació de normalitat es dugui a terme amb major generositat. Recordem que aquests dos darrers atributs presentaven un alt nivell en el coeficient de correlació amb “àrea”, de la qual poden heretar l’estructura d’anormalitat en les corbes dels histogrames.

Podem parlar d’un altre grup d’atributs que mostren una certa tendència vers la normalitat en els índexs de significació del test, tot i que en la major part de matèries treballades no la presenten. Es tracta de: “elongació”, “compacitat A”, “irregularitat” i “ratio perímetre/eix major”. Val a dir que a l’hora de considerar-los amb tendència a la normalitat ho he fet de forma prou generosa, doncs moltes matèries treballades estan encara sota valors baixos, però ho afirmo en comparació al que anteriorment havíem obtingut per a les distribucions del total de téxels sense partir en interval de magnitud.

Així mateix, tenim tres atributs que assoleixen la normalitat per a la major part de matèries treballades. Aquests atributs són: “quadratura”, “rectangularitat A” i “compacitat B”.

És recurrent, en el segon grup d’atributs que ara esmentava, que la matèria treballada “os” acostuma a donar significacions de normalitat nul·les, del 0,000, i per altra banda “pell fresca” i “pell seca” solen ser les dues matèries treballades que assoleixen la normalitat. Hom pot pensar que el nombre de casos, de téxels, per a “os” per una banda –major– i per a “pell fresca” i “pell seca” per l’altra –menor– és la causa d’aquests resultats. Això de ser cert no seria convenient per oferir una interpretació unívoca dels resultats, doncs mostraria que el problema de la normalitat o anormalitat està en un problema mostral: el nombre de téxels amb els quals es duen a terme els càlculs. Això comportaria que quan més gran sigui el conjunt més *outliers* estadístics podem obtenir amb la distribució i que els càlculs amb pocs téxels tenen una estructura

contradictòria amb la que es dona a gran escala. Tanmateix, això que suggereixo no pot ser cert, doncs es contradiu amb altres resultats per a altres matèries treballades, on el nombre de casos –tèxels– poc o res té a veure amb el valor de significança de la prova de normalitat. Si després observem l'interval de magnitud d'“àrea” per a tèxels entre +100 i –1001 píxels (Arxiu B·4·3), continuem veient com “pell fresca” i “pell seca” també superen la normalitat en els atributs de composició “mitja de la lluminositat” i “desviació estàndard de la lluminositat”, i aquí el nombre de tèxels ja és elevat com per poder crear problemes en els resultats del càlcul de normalitat.

En definitiva, això que observem en l'interval superior s'hi pot circumscriure de forma particular. Les distribucions en els tèxels més grans tenen major tendència a presentar distribucions normals en bona part dels atributs i matèries treballades. Aquest fenomen encara manté una certa inèrcia en el següent interval de magnitud, tèxels entre +100 i –1001 píxels (Arxiu B·4·3). En aquest, tot i no mostrar-se distribucions normals, els valors del test de normalitat de Kolmogorov-Smirnov ofereixen valors més alts que en la resta d'interval de magnitud dels tèxels més petits. Recordaré un cop més que la importància de les distribucions normals rau en què donen validesa als tests estadístics basats en la comparació de mitges, fet que és de vital importància.

4·4·1 Canvis en els descriptius per als diferents intervals de rang d'“àrea”.

Com comentava anteriorment, en el cas que les distribucions de freqüències no assolixin la normalitat, els descriptius no poden ser considerats com tipus significatius definidors del conjunt de dades. Recordem que aquesta afirmació pren més significat quan obtenim distribucions de freqüències absolutament asimètriques, com les que ens han anat apareixent. En definitiva, és en aquest intent de localitzar tendències i canvis, entre els valors generals dels diferents intervals de rang, que els comentaris que vindran a continuació tenen i prenen el seu sentit (Taules A·2·1, A·3·1, A·4·1, A·5·1).

4·4·1·1 Canvis en els descriptius de l'atribut “àrea”.

Pel que fa als valors de mitja i de desviació estàndard augmenten de forma totalment evident en els intervals que recullen els tèxels més grans. És un fet absolutament tautològic, tenint en compte que precisament el criteri de la grandària del téxel és el que ha guiat la determinació dels intervals. L'únic que pot resultar estrany és la moderació que pren la desviació estàndard en l'interval +50 a –101 (Taula A·3·1), mentre que en

els altres nivells es manté ben alta –en els superiors de téxels més grans molt per sobre del 50% de la mitja i en el nivell de téxels més petits quasi assolint aquesta proporció (Taula A·5·1).

Respecte als valors d'asimetria, aquests es moderen en gran mesura en relació al que teníem en la distribució de la totalitat dels téxels. En l'interval del téxels de –51 l'asimetria és lleugerament superior a 1 (Taula A·2·1), en l'interval de +50 a –101 és bastant inferior (Taula A·3·1) i en els dos altres intervals de téxels més grans roman al voltant de 2 (Taula A·4·1, A·5·1). Amb l'apuntament cal comentar que també existeix aquesta variabilitat per intervals; en l'interval de –51 hi ha una tendència leptocúrtica inferior a 1 (Taula A·2·1), en l'interval de +50 a –101 passem a veure com la distribució es torna platicúrtica propera a –1 (Taula A·3·1) i en els dos intervals de téxels més grans es dispara amb valors al voltant de 4 (Taula A·4·1, A·5·1), clarament distribucions leptocúrtiques.

Més enllà de voler donar una interpretació tancada a aquests resultats, vull indicar que es poden observar diferències de distribució entre els diferents intervals, fet que en principi validaria l'opció de dur a terme una anàlisi per intervals de grandària dels téxels.

4·4·1·2 Canvis en els descriptius dels atributs de composició.

Igual com en la distribució de tots els téxels, podem observar com els atributs de composició tenen un comportament particular i independent dels de forma i magnitud. Alhora, es continua mantenint una estructuració dels valors molt més clara en contrast amb els atributs de forma.

Per a “mitja de la lluminositat” tenim una lleugera tendència que quan majors són els téxels, inferior és el valor de la mitja –valors de lluminositat més brillants per tant–. Tot i aquesta linealitat, la desviació estàndard no segueix cap patró clar, però val a dir que per als diferents intervals tampoc s'observa gran variabilitat dels valors obtinguts –menys dintre de cada una de les matèries treballades.

En l'atribut “desviació estàndard de la lluminositat”, observem que els valors de mitja tenen una certa tendència a augmentar conforme més grans són els téxels, tot i que en les matèries més toves això no és tant evident. La desviació típica d'aquest atribut, al contrari que la seva mitja, té tendència a fer-se menor quan majors són els téxels, amb les excepcions de matèries treballades com “descarni”, per una banda, i “os” i “petxina”, per l'altra, on el comportament no és tan estricte –tot i que en totes elles la tendència

global es manté a baixar—. Observem també que el valor de la desviació típica és ben alt respecte al de mitja, fet que implica una dispersió de valors molt alta.

La mitja de la “moda de la lluminositat” augmenta amb la grandària dels téxels, és a dir, hi ha una tendència a modes més fosques quan més gran és el téxel. Però en “fusta seca”, “fusta fresca” i les matèries més dures hi ha una inflexió d’aquesta tendència entre l’interval de +100 a -1001 i l’interval +1000 (Taules A·3·1, A·4·1, A·5·1), on de forma moderada tornen a mostrar-se valors més brillants. La desviació típica d’aquest atribut manté un comportament similar; hom pot observar una tendència molt general a ser menor quan els téxels es fan majors, amb un punt d’inflexió per a “fusta fresca”, “os” i “petxina” en la mateixa localització anterior.

La mitja de la “lluminositat mínima” es fa més baixa –més brillant– amb la major grandària dels téxels, tot i que també augmenta la desviació típica –més dispersió de valors– en la mateixa línia, exceptuant les dues matèries toves –“pell fresca” i “descarni”–. També podem apuntar que la desviació típica és molt alta respecte a la mitja.

Respecte als valors d’asimetria, per a l’atribut de “mitja de la lluminositat” podem observar-ne de baixos, generalment negatius i inferiors a -1, amb tendència a fer-se menors quan major és el téxel. Els apuntaments per al mateix atribut són molt variables i amb tendència, menys en alguna excepció, a ser baixos. En l’interval -51 són positius i inferiors a 1 (Taula A·2·1), menys “descarni”, que és negatiu, i “pell seca” i “fusta seca”, que tenen valors superiors a 2; en l’interval +50 a -101 s’alternen valors positius amb negatius inferiors a +/-1 (Taula A·3·1), menys “fusta seca” que és lleugerament superior; en els intervals +100 a -1001 i +1000 ocorre exactament el mateix i ara sense excepcions (Taules A·4·1, A·5·1).

Per a l’atribut “desviació estàndard de la lluminositat”, respecte a l’asimetria tots els casos són inferiors a 1, alternant els positius i els negatius, fent-se els negatius més nombrosos quan més grans són els téxels, així com també els valors es van fent més baixos. En l’apuntament existeix molta variabilitat, sense seguir cap mena de patró per general que sigui; no es pot percebre cap estructura ni recurrència lineal aparent ni pels diferents intervals ni per les diferents matèries treballades.

Per a l’atribut “moda de la lluminositat”, tenim asimetries negatives superiors a 1, amb l’excepció de l’interval +1000, on “pell fresca” i “fusta fresca” no hi arriben, tot i que el global és prou alt (Taula A·5·1). Tenim apuntaments alts i positius menys en el

rang +1000, on “pell fresca”, “fusta fresca” i “petxina” presenten apuntament negatiu i inferior a 1.

Per a l'atribut “lluminositat mínima”, les asimetries de ser altes i negatives a interval de téxels petits passen a més baixes i negatives a l'interval +100 a –1001 (Taula A·4·1), tot i que apareixent alguna positiva. A l'interval +1000 les asimetries tornen a créixer i són positives (Taula A·5·1), amb l'excepció de “fusta fresca”, que baixa més des de l'interval +100 a –1001 (Taula A·4·1) i continua sent negativa, i “fusta seca”, que és positiva però amb tendència a baixar valor respecte l'interval +100 a –1001. Pel que fa als apuntaments, sempre es mantenen inferiors a 1 i, mentre que en els interval de téxels més petits s'alternen positius i negatius amb preponderància dels primers, hi ha una tendència a ser negatius en quan anem cap a intervals de téxels més grans, fins arribar a l'interval +1000 on tots són negatius (Taula A·5·1).

4·4·1·3 Canvis en els descriptius dels atributs de forma.

En els atributs de forma podem observar en línies generals que mentre que les mitges i desviacions típiques solen romandre dintre d'un patró respecte a la grandària dels téxels –és a dir en relació als intervals–, les asimetries i apuntaments presenten molta més variabilitat.

Resumint i a grans trets, observem que els atributs “elongació”, “quadratura”, “compacitat A”, “irregularitat”, “rectangularitat A”, “ratio perímetre/eix major”, “diàmetre feret” i “rectangularitat B”, tenen una tendència –més o menys clara segons els casos i amb poques excepcions¹⁶²– a que tal com passem a intervals de téxels majors els valors de mitja i desviació típica s'incrementen, a diferent nivell i proporció. En els atributs “circularitat” i “ratio circularitat/estretor” la tendència és la inversa: mitja i desviació típica tendeixen a fer-se menors en els intervals de téxels més grans. “Compacitat B” manté una estructura particular, on la mitja tendeix a fer-se menor amb l'augment de mida del téxel, mentre que la desviació típica roman estable dintre de variacions sense cap patró en els tres intervals de téxels més petits per acabar desaparant el seus valors en l'interval de +1000 (Taula A·5·1). També podríem apuntar que, menys en els atributs “rectangularitat A” i “compacitat B”, les desviacions típiques tenen tendència a ser molt altes –sempre respecte al valor de mitja.

¹⁶² Em refereixo a “elongació”, on en “descarni” i “pell seca” no es fa tan evident aquesta tendència, i a “diàmetre feret”, on les desviacions típiques per a totes les matèries treballades disminueixen en l'interval de +50 a –101 (Taula A·3·1).

La conducta dels valors d'asimetria i apuntament no es pot resumir en trets tan generals, com hem fet ara.

Per a l'atribut "elongació" tenim asimetries variables, sense seguir un patró de cap mena. L'apuntament presenta una clara tendència a fer-se major des de l'interval -51 fins al +100 a -1001 (Taules A·2·1, A·3·1, A·4·1), per a baixar sobtadament en el superior en la major part de matèries treballades (Taula A·5·1). Tant el valor d'asimetria com el d'apuntament es mantenen sempre més alts que 1 i positius.

Per a l'atribut "circularitat" tenim que l'asimetria tendeix a fer-se més alta junt amb la mida dels téxels, sempre dintre de valors majors que 1, a excepció de l'interval -51 (Taula A·2·1). En aquest mateix interval trobem un apuntament molt baix que té tendència a fer-se major junt amb la mida dels téxels en matèries dures i "descarni", tenint "pell fresca" i "pell seca" el seu punt de màxim increment en el nivell +100 a -1001 (Taula A·4·1). Els valors d'un i altre descriptiu es mantenen sempre en valors positius.

Per a l'atribut "quadratura" els valors de les asimetries no presenten cap mena d'estructura evident, mantenint-se sempre inferiors a 1. Els valors d'apuntament tampoc presenten cap estructura pel que fa als valors; generalment són inferiors a 1 i de ser positius en l'interval -51 (Taula A·2·1) passen a ser tots negatius en el següent, per a passar una altra volta a ser tots positius en l'interval +100 a -1001 (Taula A·4·1) i variables entre positius i negatius en l'interval +1000 (Taula A·5·1).

En l'atribut "ratio circularitat/estretor" no podem observar cap mena de patró ni en l'asimetria ni en l'apuntament que estigui vinculat ni a la magnitud del téxel ni a la matèria treballada. Els seus valors són generalment superiors a 1, en el cas dels valors d'apuntament molt més enllà fins i tot.

El model per a l'atribut "compacitat A" és similar a l'anterior en termes generals, amb l'excepció de que a l'interval +50 a -101 hi ha valors d'apuntament inferiors a 1 (Taula A·3·1). Curiosament, en el cas de l'atribut "irregularitat" ocorre exactament el mateix.

En l'atribut "rectangularitat A" tant els valors d'asimetria com els d'apuntament presenten una tendència a fer-se més baixos quan major és la mida dels téxels, de valors molt superiors a 1 en l'interval -51 a inferiors en l'interval +1000 (Taules de A·2·1 a A·5·1). Alhora, en l'apuntament tendeixen a aparèixer valors negatius.

Per a l'atribut "ratio perímetre/eix major" l'asimetria i l'apuntament no solen assolir valors gaire alts, al voltant d'1 i per sota. Concretament romanen molt baixos en els intervals de +50 a -101 i de +1000 (Taules A·2·1, A·5·1).

En l'atribut "diàmetre feret" trobem que en els intervals de téxels petits hi ha valors per a asimetria i apuntament inferiors a 1 o propers, sent els d'apuntament de signe negatiu. En els intervals de téxels majors, al contrari, l'apuntament esdevé positiu i els valors per a aquest descriptor i l'asimetria assoleixen valors superiors a 1, tot i que el mateix apuntament, en l'interval +1000 és molt variable tant en el valor al voltant d'1 com en el seu signe (Taula A·5·1).

Per a l'atribut "compacitat B" observem valors d'asimetria i apuntament negatius, a excepció de l'interval +1000, on apareixen alguns de positius per a asimetria (Taula A·5·1). Tanmateix, la variabilitat de valors és molt alta per nivells i per matèria treballada.

Per a "rectangularitat B" trobem valors alts d'asimetria i apuntament en tots els intervals, a excepció de l'interval +50 a -101 (Taula A·3·1), on també es mostren alguns apuntaments negatius. Alhora, en els intervals superiors els valors per als dos descriptors solen ser superiors.

4·4·1·4 Conclusions de l'exploració dels diferents intervals de magnitud.

Després d'una exploració superficial com la que hem dut a terme per a les dades en els quatre intervals de magnitud, podem concloure que per a la majoria d'atributs i vistes les variabilitats obtingudes, paga la pena dur a terme una anàlisi més acurada per separat per als diferents intervals, doncs la magnitud del téxel condiciona els valors que s'obtidran per a cada atribut.

Tant en els atributs de composició com en els de forma s'observa que els descriptius que atenen a la dispersió de valors, asimetria i apuntament, presenten un model de variabilitat més complex que la mitja i la desviació típica. Això pot voler indicar que la clau de la discriminació està en la dispersió del conjunt de valors dels téxels. Això ens condueix al següent pas, on hem de determinar quines han de ser les anàlisis estadístiques a desenvolupar, vist aquest fet conjuntament amb les normalitats obtingudes en l'interval de magnitud +1000 (Arxiu B·4·2) i el manteniment de les anormalitats en els altres tres intervals (Arxius B·4·3, B·4·4, B·4·5). Mentre que per als casos on hem obtingut distribucions normals podem creure en les mitges com a indicadors tipus del conjunt i recórrer en conseqüència a l'estadística de comparació de

mitges, en els casos on els conjunts de dades han romàs anormals haurem d'optar per l'alternativa de les estadístiques no-paramètriques, les quals es fixen més aviat en la dispersió del conjunt de valors de la mostra. En raó d'aquesta mecànica, podem creure que l'estadística no-paramètrica oferirà resultats discriminants en funció de la matèria treballada, que és en definitiva allò que ens interessa.

4.5 Proves de comparacions de mitges: ANOVA i proves post-hoc.

Posteriorment a haver fet l'exploració per rangs de magnitud de tots els t xels, hem pogut obtenir un nou panorama de distribucions. Far  referència a les distribucions normals obtingudes en alguns atributs en l'interval de t xels majors de 1000 píxels (Arxiu B.4.2). Aquests atributs recordem que eren "mitja de la lluminositat" i "desviació estàndard de la lluminositat", els altres dos atributs de composició "moda de la lluminositat" i "lluminositat mínima" –tot i que només en algunes matèries treballades– i per a alguns atributs de forma "quadratura", "rectangularitat A" i "compacitat B".

Com ja he comentat anteriorment, el fet d'obtenir una distribució normal comporta que la mitja de tal distribució esdevé representativa significativament del conjunt de dades, com a un valor mig tipus. En conseqüencia, podrem emprar tal descriptiu estadístic per a trobar diferències dintre del conjunt de dades en funció d'una variable, en el nostre cas la matèria treballada.

Dintre del paquet de proves que ofereix SPSS, he triat un dels més usuals en processament estadístic: l'ANOVA, junt amb un seguit de proves post-hoc que ajuden a interpretar els resultats obtinguts. La prova ANOVA  s capaç de trobar diferències entre els grups, però no detectar on es troben; en conseqüencia, posteriorment apliquem les proves post-hoc que ens indicaran on es troben les diferències i crear  grups en funció de la variable "matèria treballada" en funció de la similitud/diferència.

Les proves post-hoc que ofereix l'SPSS són de dos tipus: 1) Proves de rang i 2) comparacions múltiples.

Les del primer tipus identifiquen subconjunts homogenis en funció de la seva similaritat extreta a partir de les diferències del valor de la mitja calculats per diferents procediments. Aquests procediments que he triat són el Student-Newman-Keuls (o SNK), l'HSD de Tukey, el Duncan, la F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch (o F de REGW) i el Waller-Duncan. Val a dir tamb  que aquests procediments són molt agraits cara a la

interpretació, doncs presenten els resultats de forma molt intuïtiva (Taules A·7), on la classificació de la variable independent que volem controlar –“matèria treballada”– ja va esglaonada i agrupada en funció dels seus valors. Cadascun dels mètodes és més o menys generós a l’hora de dur a terme la discriminació en grups, però cal tenir en compte que la forma d’operar també depèn dels valors de la variable dependent –atribut– que tracta. De fet, en funció d’aquest criteri –el d’aportar diferents classificacions per a les variables dependents– he seleccionat les proves a dur a terme en el meu estudi, tenint en compte aquelles que donaven resultats diferents i eliminant aquelles que repetien classificacions –ben segur que en funció d’emprar procediments molt similars per a tractar les dades.

Les proves post-hoc del segon tipus que esmentàvem, les de comparacions múltiples per parelles, contrasten la diferència entre cada parella de mitges i donen lloc a una matriu on mitjançant una prova de significació al 0’05 de significança indiquen quines de les diferències resulten significatives com per considerar-les divergents. Veient la matriu (Taules A·8) ja ens adonem que la interpretació esdevé molt més complicada. En conseqüència i per a facilitar la interpretació he recorregut a fixar-me en els valors d’alfa al 0,05: sempre que el valor sigui inferior a aquest indicat podem afirmar que ens trobem amb una diferència significativa. Les proves de comparacions múltiples que he triat són l’HSD de Tukey¹⁶³, el DMS (Diferència Menys Significativa), el T3 de Dunnett i el Games-Howell. Cadascuna d’aquestes proves atorga la diferència significativa amb més o menys generositat. De la que tendeix a atorgar més diferències significatives a la que menys les tindriem gradades de la següent manera: DMS, Games-Howell, HSD de Tukey i T3 de Dunnett (Taula 4·9).

	HSD de Tukey	DMS	T3 de Dunnett	Games-Howell
Mitja de la lluminositat	19,469	7,567	19,817	16,612
Desviació estàndard de la lluminositat	20,870	8,963	22,654	19,378
Moda de la lluminositat	18,289	9,627	16,532	15,249
Lluminositat mínima	21,233	8,713	23,552	20,679
Quadratura	20,035	6,599	22,325	18,854
Rectangularitat A	18,918	6,246	21,926	18,696
Compacitat B	29,694	12,960	32,933	29,394

Taula 4·9 – Escala de “generositat” dels tests emprats a l’hora d’atorgar diferències significatives (amb alfa <0’05); els valors més baixos signifiquen major discriminació, així de + a – generós tenim el DMS, el Games-Howell, l’HSD de Tukey i el T3 de Dunnett.

¹⁶³ L’HSD de Tukey és l’única de les proves emprades que és alhora prova de rang i prova de comparacions múltiples.

També val a dir que cadascuna d'aquestes proves atorga més o menys potencial discriminant a un atribut o altre de forma molt dispar. En la taula 4·10 tenim un ordre de més discriminants a menys dels atributs segons cadascuna de les proves. També com en el cas de la selecció de proves de rang, he seleccionat les proves de comparacions múltiples a dur a terme tenint en compte aquelles que donaven resultats diferents i eliminant aquelles que els repetien.

HSD de Tukey	DMS	T3 de Dunnett	Games-Howell
Moda de la lluminositat	Rectangularitat A	Moda de la lluminositat	Moda de la lluminositat
Rectangularitat A	Quadratura	Mitja de la lluminositat	Mitja de la lluminositat
Mitja de la lluminositat	Mitja de la lluminositat	Rectangularitat A	Rectangularitat A
Quadratura	Lluminositat mínima	Quadratura	Quadratura
Desviació estàndard de la lluminositat	Desviació estàndard de la lluminositat	Desviació estàndard de la lluminositat	Desviació estàndard de la lluminositat
Lluminositat mínima	Moda de la lluminositat	Lluminositat mínima	Lluminositat mínima
Compacitat B	Compacitat B	Compacitat B	Compacitat B

Taula 4·10 – Escala d'ordre de + a – discriminants dels diferents atributs segons els resultats de cadascun dels tests.

Només afegir que per a totes les proves i per a tots els atributs s'ha introduït un valor d'alfa 0,05, que ve a dir que la probabilitat que la classificació donada sigui errada (o resultat de l'atzar) és del 5%. També l'exigència sobre la diferència de mitja per a ser significativa és major o menor en funció del nivell alfa: un nivell alfa més baix implica més exigència i a la inversa. El 0,05 adoptat en el nostre cas s'ha decidit per ser el convencional que s'aplica en estadística, de no ser que hi hagi alguna mena de criteri molt particular que obligui a modificar-lo.

4·5·1 Resultats del test ANOVA.

A partir dels resultats del test ANOVA (Taula A·6) es fa evident que existeixen diferències significatives entre les mitges dels set atributs seleccionats en funció de la variable independent –“matèria treballada”.

4·5·2 Contrastos post-hoc: proves de rang.

Faré la presentació dels resultats respecte a l'atribut de les traces d'ús que tractem i no tant en funció de la prova concreta, les quals ja he introduït anteriorment. En la mesura

del possible, intentaré comentar tots els resultats de forma conjunta i de forma global, doncs considero arriscat valorar en profunditat què implica “realment” que en un test obtinguem una distribució donada i en el subsegüent una altra, més tenint en compte que la distribució resultant no és fruit només del procediment de la prova, sinó que també dels valors donats per a la variable independent. Per una banda en una prova de rang podem tenir en compte la gradació donada en la variable independent –similar en totes les variants de la prova– i l’agrupació en subgrups homogenis que cada variant de la prova ha donat com a resultat. Considero que el veritablement important és la obtenció i certificació de diferències en funció de la matèria treballada. Així tenim:

- **Mitja de la lluminositat (Taula A·7·1):** Totes les proves, menys l’HSD de Tukey, donen com a resultat la discriminació de tres subgrups homogenis amb diferents nivells d’encavalcament dels valors per a la variable independent. L’HSD de Tukey només dóna dos grups i summament encavalcats, fent pràcticament impossible la diferenciació. Tanmateix, considero important que si ens fixem en l’ordre de les categories per a la variable independent el podem correlacionar amb la duresa de la matèria treballada, exceptuant l’excentricitat de “pell fresca” que podria ser deguda a problemes de representativitat de la mostra per a aquest cas (fixem-nos que és la categoria que presenta menys casos per al còmput: 18)¹⁶⁴.
- **Desviació estàndard de la lluminositat (Taula A·7·2):** En general, cap de les proves no dóna una discriminació nítida per a la major part de matèries treballades; només es destaca la “pell fresca” de manera clara. No podem afirmar que les matèries treballades estiguin ordenades en funció de la seva duresa, almenys de forma incontestable; les matèries toves s’insereixen entre les matèries dures i trenquen el que semblava en un principi una escala en certa coherència amb la duresa de la matèria treballada. Tanmateix, hom pot desitjar detectar una certa tendència a l’escalament de dureses si interessadament

¹⁶⁴ Si ens fixem en els valors, podríem resoldre que les matèries més dures són de forma general més brillants que les més toves, fet que va d’acord amb els coneixements previs en traces d’ús.

eliminés les matèries toves –cosa que per la meua banda considero inacceptable¹⁶⁵.

- **Moda de la lluminositat (Taula A·7·3):** En aquest atribut, tot i no formar-se molts subgrups, sí són molt nítids: podem observar una separació entre matèries toves i dures (o dures-mitges si es vol) prou evident. L’HSD de Tukey, presenta resultats un tant diferents en aquest sentit: més grups i menys nítids. Fins i tot les matèries toves s’organitzen escalonades en funció de les petites diferències en relació a la duresa¹⁶⁶.
- **Lluminositat mínima (Taula A·7·4):** Aquest atribut dóna com a resultat molt poca discriminació, almenys evident, destacant-se únicament la “pell fresca”. Val a dir que sent grollers en la interpretació podem observar com s’associen en l’escala les matèries toves –“pell fresca” i “descarni”–, les matèries dures –“os” i “petxina”– i les matèries mitges –“pell seca” i “fustes”–, tot i que en l’escala global les matèries dures es situïn al mig de la distribució –entre les matèries toves i les mitges¹⁶⁷.
- **Quadratura (Taula A·7·5):** Es pot observar una estructura molt general de distribució de les matèries treballades en funció de la duresa, tot i que també amb bastant encavalcament per als subgrups. Veiem les matèries dures en la banda superior de l’escala, les fustes a la part central i les matèries toves a la inferior. Tanmateix, les matèries dures i les toves apareixen sense seguir gradació dintre d’aquest suposat ordre¹⁶⁸.
- **Rectangularitat A (Taula A·7·6):** Per a comentar els resultats d’aquest atribut em referiré a l’anterior de “quadratura”, doncs la distribució en l’escala de

¹⁶⁵ Per altra banda, per a interpretar els valors obtinguts, direm que un valor alt/baix implica més/menys dispersió dels valors de lluminositat, que en principi hauria d’estar vinculat a una major/menor irregularitat de la superfície lítica.

¹⁶⁶ Als efectes reals, sent la moda el valor de lluminositat més recurrent entre tots els possibles, uns valors més baixos implicarien una major brillantor en principi, tot que en aquest índex no es contempla el paper de la lluminositat dels altres píxels en la brillantor general.

¹⁶⁷ A efectes reals, cal apuntar que aquest atribut pot resultar de significança dubtosa, doncs el valor només expressa el valor més alt en l’escala de grisos per a aquell tétel, més enllà que possiblement el valor pugui fer referència a un sol píxel del global. Només pot prendre cert sentit aquest atribut si el tenim en compte dins del marc de tots els tétels.

¹⁶⁸ Recordem que “quadratura” és l’invers logarítmic de “circularitat”. L’1 indica un quadrat perfecte i un 0’8 un triangle isósceles, tot i que la variació possible de valors supera l’1, no com en el cas de “circularitat”. De fet, comprovem que aquest és el cas per a la fenomenologia dels tétels, amb números ben elevats que condueixen a pensar en l’alta irregularitat de contorns dels tétels.

matèries treballades és molt similar. Una diferència és que els testos consideren les diferències entre mitges més significatives per a crear subgrups homogenis¹⁶⁹.

- **Compacitat B (Taula A·7·7):** En aquest atribut la discriminació en subgrups homogenis és mínima i encara menys significativa és la escala de matèries treballades que s'ofereix, la qual no sembla respondre a cap coherència de cap mena. Vull fer esment que, vistos aquests resultats, em vaig plantejar en el seu moment d'abandonar el tractament d'aquest atribut, però vaig preferir esperar quins resultats oferirien la resta de proves que fins al moment no hem comentat, incloent-hi les xarxes neurals¹⁷⁰.

En darrera instància vull fer observar que les dues fustes –“fusta seca” i “fusta fresca”– apareixen associades sempre amb valors molt similars en tots els atributs, menys en “rectangularitat A” (Taula A·7·6) –tot i que mantenint valors propers–. Això és summament satisfactori a nivell de la fiabilitat del mètode, que igualment com pot detectar diferències, pot ser sensible a les semblances.

4·5·3 Proves post-hoc: Comparacions múltiples.

Les proves de comparacions múltiples presenten els resultats mitjançant una matriu de complicada interpretació. Donat que a més n'he volgut contrastar unes quantes procedents de diferents procediments, l'acumulació de resultats de diferents proves encara fa més difícil la tasca interpretativa. Tot i que en l'apèndix està presentada la taula completa, integrant les diferències de mitges, els límits inferior i superior per a l'interval de confiança (95% en el nostre cas) i la prova de significació que el lector pot consultar si ho considera necessari (Arxiu B·6), per a dur a terme la tasca interpretativa he elaborat una nova taula resumida on faig incidència i rellevo els valors de significança que indiquen si la diferència entre mitges és o no significativa (Taula A·8). Com anteriorment ja he explicat, quan el valor de la prova de significació és inferior a

¹⁶⁹ Per a aquest atribut recorden que si el resultat és 1 significaria que l'àrea del tétel es podria inscriure dintre del rectangle que es construiria amb els eixos major i major perpendicular. Diguem així que a trets generals s'implica que les matèries més toves tenen tendència a crear tétels més circumscrits al rectangle creat pels seus eixos. Com comprovem però la diferència proporcional fins l'1 és del 20% com a mínim.

¹⁷⁰ Implicaria això que la divergència entre el perímetre real i el perímetre feret existeix, pels valors obtinguts (entre 0,595 i 0,671), però no de forma suficientment significativa com per discriminar entre matèries treballades de forma taxativa.

0,05 podem afirmar que la diferència és significativa. Per a la interpretació concreta de la taula he preferit fixar-me, fent una visió de conjunt dels resultats dels quatre testos, en quantes diferències significatives apareixen, indicant així mateix –per la meua banda i en darrera instància– quines són les matèries treballades més diferenciades per a cadascun dels atributs (Taules A·8)

Recordem que cadascun dels testos considera les diferències significatives en funció del seu procediment (Taules 4·9, 4·10). Així mateix, cadascun dels testos considera uns atributs més discriminants que altres (Taula 4·10). Són aquests dos fets els que m’inclinen a pensar que una visió global del resultat de totes les proves és molt més operatiu per a la interpretació dels resultats¹⁷¹.

Els resultats d’aquestes proves mostren una recurrència amb els obtinguts per a les proves de rang: l’atribut que menys discriminació ofereix és el de “compacitat B” (veure nota 170). Així mateix, en la resta d’atributs el patró és diferent: al contrari que abans, per a les comparacions múltiples els atributs de composició són els qui han ofert més discriminació entre matèries treballades en comparació als de forma. Els atributs ordenats de més discriminants a menys són “moda de la lluminositat”, “desviació estàndard de la lluminositat”, “mitja de la lluminositat” i “lluminositat mínima” per igual, “quadratura”, “rectangularitat A” i “compacitat B”.

Pel que fa a les diferències entre matèries treballades, cadascun dels atributs troba diferències significatives per parelles d’una forma particular. En lloc de comentar-les en el text, prefereixo fer referència a les taules A·8 per a evitar una exposició feixuga que faria perdre la visió de conjunt, que per contra les pròpies taules aporten molt millor. Tanmateix, sí que paga la pena fixar-se en quines són les matèries treballades més diferenciades de les altres en cada atribut:

- **Mitja de la lluminositat (Taula A·8·1):** l’ordre de matèries treballades en l’ordre de més diferenciades a menys és: “descarni” – “pell seca” – “pell fresca” i “os” per igual – “petxina” – “fusta seca” – “fusta fresca”.

¹⁷¹ La prova DMS és més generosa a l’hora d’atorgar valors que indiquen diferència significativa entre les mitges. Així mateix, considera els diferents atributs més o menys significatius per a la discriminació d’una forma més particular en relació als altres testos (Taules 4·9 i 4·10). En conseqüència, cal reconèixer que, seguint aquest criteri, els resultats de la prova DMS pesen més, tot i que també queden diluïts enmig dels resultats de les altres proves, que com podem comprovar contrastant la taula 4·10 amb les taules A·8, proveeixen una classificació dels atributs molt similar segons el seu poder discriminant, tot i que no necessàriament per a cadascuna de les comparacions per parelles de matèries treballades.

- **Desviació estàndard de la lluminositat (Taula A·8·2):** sota el mateix criteri d'ordre de l'atribut anterior: “descarni” i “fusta fresca” per igual – “pell seca” i “petxina” per igual – “os” – “fusta fresca” – “pell fresca”.
- **Moda de la lluminositat (Taula A·8·3):** sota el mateix criteri d'ordre: “descarni” – “pell seca” – “pell fresca” – “fusta fresca” i “petxina” per igual – “fusta seca” i “os” per igual.
- **Lluminositat mínima (Taula A·8·4):** sota el mateix criteri d'ordre: “pell fresca” – “fusta fresca” – “descarni” – “fusta seca”, “os”, “pell seca” i “petxina” per igual.
- **Quadratura (Taula A·8·5):** sota el mateix criteri d'ordre: “os” – “pell fresca” – “pell seca” – “petxina” – “fusta seca” – “fusta fresca” i “descarni” per igual.
- **Rectangularitat A (Taula A·8·6):** sota el mateix criteri d'ordre: “os” – “pell seca” – “fusta seca” – “descarni” – “fusta fresca” i “petxina” per igual – “pell fresca”.
- **Compacitat B (Taula A·8·7):** sota el mateix criteri d'ordre: “fusta seca” – “pell seca” – “descarni” – “os” – “fusta fresca” i “petxina” – “pell fresca”.

La interpretació dels resultats es torna molt més complicada en aquests tests. En les taules afegixo de quines matèries treballades es distingeix més cada matèria treballada; per exemple per a l'atribut “mitja de la lluminositat”, “fusta seca” es diferencia de “pell seca” i “descarni”. Les diferències mostrades difícilment poden palesar un patró coherent amb la duresa de la matèria treballada ni amb cap altre factor. Val a dir que la complexitat de la taula no ajuda gaire a la interpretació en aquesta línia. Tanmateix, l'important és que es detecten diferències que ens han d'ajudar a interpretacions particulars, com així mateix també les podrem comparar amb les resultants de la prova de l'U Mann-Whitney que passarem a comentar posteriorment.

Més enllà d'aquesta forma d'observar els resultats, també podem intentar fer una diferenciació entre matèries treballades de menys a més a partir de les taules originals, tenint en compte la diferència entre mitges. He elaborat unes noves taules (Taula A·9) sota aquest criteri i el que permeten observar és prou interessant.

- **Mitja de la lluminositat (Taula A·9·1).** Veiem com hi ha una clara tendència a la similaritat en funció d'una gradació de la duresa de les matèries treballades.

L'únic cas de matèria treballada que distorsiona els resultats és “pell fresca”, però tinguem en compte que en aquest cas podem trobar-nos amb un problema de caire mostral. Eliminant aquesta matèria treballada de la taula, les distribucions de similaritat en funció de la duresa de la matèria treballada són quasi perfectes.

- **Desviació estàndard de la lluminositat (Taula A·9·2).** Les similaritats observades no responen a cap patró de duresa de la matèria treballada. Malgrat que en algun moment semblen aparèixer similaritats si prenem per parelles algunes matèries treballades contigües en alguna fila (per exemple “fusta fresca” i “fusta seca” a les files de “pell fresca” i “pell seca”), aquestes no es mantenen en les diferents files.
- **Moda de la lluminositat (Taula A·9·3).** S'adequa en gran mesura a un patró de diferències per duresa de la matèria treballada. Ara són “os”, “fusta seca” i “fusta fresca” les matèries treballades que trenquen fins a cert punt l'ordre coherent en certs casos. Es pot sintetitzar molt més clarament la diferència entre matèries toves i dures.
- **Lluminositat mínima (Taula A·9·4).** No hi ha un patró clar de diferències per duresa de les matèries treballades. Igualment com en la “desviació estàndard de la lluminositat”, en algun moment sembla que hi hagi similaritats prenent per parelles algunes matèries treballades contigües en la taula en alguna fila, les quals tanmateix no es mantenen en les diferents files.
- **Quadratura (Taula A·9·5).** No hi ha un patró evident de diferències per duresa de les matèries treballades. L'únic que apareixen en algunes files són similaritats per parelles que es mantenen en les diferents línies (“pell fresca” i “pell seca” solen aparèixer associades, igualment com “fusta fresca” i “fusta seca”), però no ho podem considerar gaire significatiu tampoc. En algun moment pot semblar que hi hagi una tendència a l'agrupament en dos grups de matèries més dures i més toves, però seria de forma molt vasta com per a tenir-ho en compte seriosament.
- **Rectangularitat A (Taula A·9·6).** Una mica repetint els comentaris per a “quadratura”, podem trobar una tendència lleu a diferències en funció d'un patró de la duresa de la matèria treballada, el qual és molt més clar diferenciant un grup en matèries dures i un altre en matèries toves –tot i que amb alguna

excepció divergent-. Tanmateix, insisteixo que la diferència seria un tant matussera.

- **Compacitat B (Taula A·9·7).** No hi ha un patró clar de diferències per duresa de les matèries treballades. La distribució de diferències és totalment anorgànica.

4·6 Proves no-paramètriques: Kruskal Wallis i la U de Mann-Whitney.

Com ja he anat apuntat, l'ús de proves de tipus no-paramètric es justifica, en gran mesura però no exclusivament, en tant i en quant no obtinguem distribucions normals per a les variables dependents amb què tractem. Ja hem vist que aquest és el cas per a la majoria de distribucions obtingudes en tots els intervals de rang de magnitud dels téxels. Així mateix, fins i tot per als atributs en els quals hem obtingut una distribució normal i on hem aplicat testos de caire paramètric –igualment anomenats de comparació de mitges–, també aplicarem aquests testos no-paramètrics perquè de forma experimental puguem dur a terme una contrastació de tots dos resultats obtinguts –considerant l'experiment molt interessant per a avaluar el valor diagnòstic de la mitja respecte a l'adscripció i/o descripció certa de la matèria treballada.

Faré ara una breu explicació sobre quina és la mecànica dels testos en qüestió; test de Kruskal-Wallis i la U de Mann-Whitney. No és tracta de dos testos independents, sinó que són complementaris. Com en el cas de les proves de comparació de mitges amb l'ANOVA, el correcte és primerament dur a terme un test que indiqui si existeixen diferències en les distribucions dels téxels en funció de les categories en la variable independent, tot i que només sigui en una categoria. En un segon moment i en el cas d'haver detectat que existeixen diferències, el test de la U de Mann-Whitney ens indicarà on és que es localitzen aquestes diferències.

Com es pot desprendre d'aquesta explicació, els resultats del test de Kruskal-Wallis són fàcils d'interpretar (Arxius B·7). Una prova de significació simple, on els valors inferiors a l'índex 0,05 indiquen una diferència significativa, dona la clau de la interpretació. Com podem veure en les taules, absolutament totes les distribucions tenen almenys una categoria amb una distribució particularment diferenciada respecte a les de les altres categories.

El procediment de la prova de la U de Mann-Whitney serveix per a descobrir les diferències en la tendència central de dues mostres; és a dir, que és una prova que fa comparacions per parelles de categories de la variable independent. Tanmateix, no ens

indicarà exactament on són les diferències entre les dispersions; les diferències en les dispersions les podrem inferir en segona instància a partir dels resultats obtinguts i de forma indirecta. En primer terme, allò que realitza aquesta prova és una transformació de la base de dades quantitativa en ordinal per a cada categoria, tenint en compte els valors de totes dues categories que es comparen com l'escala per a assignar cada valor ordinal concret¹⁷²; és a dir, a cada valor quantitatiu se li assigna un “rang”. En segon terme fa un sumatori del valors de les dues distribucions ordinals i extreu els índex U per a cada categoria de la variable independent, a partir de la fórmula:

$$U = \frac{n_1 - n_2(n_2 + 1)}{2}$$

On n_1 i n_2 són les grandàries dels dos conjunts mostrals. La U de cada categoria s'obté restant el valor del sumatori per a cada categoria del valor U. A partir dels valors de la U de cada categoria i contrastant-lo amb el nombre de casos per mostra, el test decideix si les diferències entre les mostres són significatives (DOMENECH 1982: 397).

En les taules que proveeix SPSS per a la prova de la U de Mann-Whitney, tot aquest procediment es mostra molt més simplificat en la presentació de resultats (Arxiu B·8). En primera instància tenim una taula per a cada comparació per a cada parella de categories de la variable independent, on d'esquerra a dreta en les columnes tenim els atributs, les categories contrastades, el nombre de casos per a cada categoria, els rang promig i els sumatoris de rangs. Posteriorment, tenim el resultat de la prova de la U de Mann-Whitney, la W de Wilcoxon, la Z i la prova de significació que indicarà sota un alfa 0'05 si la diferència de rangs entre les categories és o no significativa.

Amb tot, si bé la interpretació independent d'aquestes taules és prou senzilla, és complicat dur-ne a terme una de global que sintetitzi les diferències en totes les categories de la variable independent –“matèria treballada”–. És per això que a partir de les taules de SPSS n'he ideat unes altres que sintetitzen les que en elles es recullen, aquestes en format del programa Microsoft Excel (Taules A·10). El valor base a partir del qual he elaborat la taula és la diferència de valors en el rang mig per a cada parella. D'aquesta manera, en el primer tipus de taula es mostra una matriu de correspondències

¹⁷² Per a una explicació més clara i directa de com es du a terme aquest pas remeto a (DOMÉNECH 1982: 394-397) o (PÉREZ 2001: 276).

on en els quadres apareixen els valors de la diferència entre dues de les matèries treballades per a cada atribut i en cada un dels intervals de grandària dels téxels. El segon tipus de taula ideat és una simple ordenació del primer quadre tenint en compte el valor de significança de la diferència amb alfa 0'05; l'ordenació és des de la matèria treballada menys diferent a la més i es marquen en groc les diferències no significatives. Evidentment, aquest darrer quadre és d'interpretació molt més senzilla que l'anterior.

Els resultats que presentaré a continuació van ordenats en funció de l'atribut i dels intervals de grandària dels téxels. Posteriorment en un sub-apartat, per als atributs sobre els quals he dut a terme proves de comparació de mitges en l'interval de téxels de +1000 píxels, faré una contrastació dels resultats obtinguts mitjançant aquestes proves amb els ara obtinguts mitjançant la U de Mann-Whitney.

4·6·1 Resultats de la U de Mann-Whitney.

Voldria aclarir que posteriorment a l'execució de la U de Mann-Whitney, vaig observar que molts dels resultats eren similars –exactament o aproximada– per a alguns atributs. Això seria degut a què les sèries ordinals per a aquests atributs serien similars, més enllà dels seus valors reals quantitatius previs a l'assignació de rangs, fet que implica que els rangs mig i les seves diferències són les mateixes. Tanmateix, i com veurem, cal apuntar que aquest fenomen de convergència de resultats en el cas d'alguns atributs només es dona en segons quin interval de grandària dels téxels –fet el qual encara ara m'és de difícil interpretació.

Per a sintetitzar, he optat per fer palesa aquesta similaritat en l'exposició dels resultats. Així presentaré els resultats dels atributs que són similars de forma conjunta en el mateix sub-apartat.

4·6·1·1 Atributs “Àrea” i “Diàmetre Feret” (Taules A·10·1).

Els resultats per a aquests dos atributs són ben curiosos. Mentre que si apliquem la U de Mann-Whitney tenint en compte tot el conjunt de téxels (prescindint de la partició en intervals de grandària) les diferències entre matèries treballades són considerables, si per contra fem la prova per separat per a cadascun dels intervals de grandària dels téxels les diferències es matitzen i redueixen, sent els intervals +50 a –101 i el +1000 els que registren menys diferències entre matèries treballades (Taules A·10·1·1, A·10·1·3,

A·10·1·5). Les diferències entre matèries treballades també varien molt en funció de l'interval de grandària.

En línies generals, això implicaria que per a aquests atributs 1) una anàlisi de tot el conjunt de téxels proveeix de més diferències, les quals es perden tenint en compte per separat els diferents intervals, 2) hi ha dos intervals de grandària dels téxels on les distribucions són rellevantment més similars i 3) les distribucions dels valors quantitius originals previs a l'assignació de rangs són molt variables, particularitzant en gran mesura les característiques per a cada matèria treballada.

4·6·1·2 Atribut “Mitja de la Lluminositat” (Taules A·10·2).

Els resultats són prou evidents i de fàcil interpretació. La prova aplicada al total dels téxels proveeix de resultats exactes als obtinguts per a l'interval de téxels més petits i prou similars als de l'interval +50 a -101 (Taules A·10·2·1, A·10·2·2, A·10·2·3). A destacar és que “fusta seca” i “fusta fresca” s'assimilen entre si i així mateix amb l'“os”, en l'interval -51 i en el de total de téxels (Taules A·10·2·1, A·10·2·2), i amb la “pell seca”, en l'interval +50 a -101, estant les matèries toves i la més dura –“petxina”– totalment determinades (Taula A·10·2·3).

En l'interval +100 a -1001 i en el +1000 les diferències entre matèries treballades van a menys (Taules A·10·2·4, A·10·2·5). Quan més gran són els téxels menys poden adscriure's a una matèria treballada amb menys possibilitat d'error. Això, tenint en compte la natura de l'atribut i el que significa, comporta que els téxels més grans perden capacitat per discriminar entre matèries treballades.

Malgrat tot, és positiu –a nivell de proveir una interpretació senzilla– que les diferències entre matèries treballades en aquests dos intervals de grandària tenen una certa coherència general amb la duresa de la matèria treballada, tot i que no de forma absoluta. També es compleix majorment aquesta tendència quan més als extrems de l'escala de duresa de les matèries treballades. Aquests comentaris també valen fins i tot en les taules dels anteriors intervals de téxels més petits, amb més diferències significatives.

4·6·1·3 Atribut “Desviació Estàndard de la Lluminositat” (Taules A·10·3).

En aquest atribut succeeix quelcom semblant a l'anterior, però amb matisos: mentre que els intervals de téxels més petits i el de total de téxels proveeixen de resultats discriminants prou bons (Taules A·10·3·1, A·10·3·2), en l'interval de téxels més grans

aquests són molt més pobres (Taula A·10·3·5). També, mentre que les diferències significatives dels intervals de téxels total i petits tenen certa coherència amb la duresa de les matèries treballades, en l'interval de téxels més grans això no es compleix tant – veiem per exemple que “descarni” s'assimila més a “petxina” que a “pell fresca” amb molta diferència.

4·6·1·4 Atribut “Moda de la lluminositat” (Taules A·10·4).

També en el cas d'aquest atribut es dona el fenomen que quan l'interval de mida dels téxels és més gran, menys discriminació obtenim (Taula A·10·4·5). En general, però, fent un ràpid cop d'ull general a tots els intervals s'evidencia que aquest atribut proveeix menys discriminació, doncs en l'interval de +50 a -101 (Taula A·10·4·3) ja trobem molta similitud entre matèries treballades i no gaire inferior de la que observem en l'interval de téxels més grans (Taula A·10·4·5).

La tendència de les ordenacions en relació al factor de duresa de la matèria treballada és una mica presa pels pèls, tot i que es pot trobar una lleu tendència, sobretot en les matèries dels extrems de l'escala. En l'interval de -51 aquesta correlació és perfecta per a les sèries de “descarni” i “petxina” (Taula A·10·4·2); val a dir que aquest interval és també el que dona una major discriminació entre matèries treballades.

4·6·1·5 Atribut “Lluminositat Mínima” (Taules A·10·5).

Una altra volta, l'interval que recull els téxels més petits és el que proveeix més discriminació (Taula A·10·5·2), alhora que amb tendència a agrupar les matèries treballades per dureses, tot i que toves i dures s'assimilin més entre elles que amb les fustes en algun cas. Aquesta tendència d'ordenació, però, és recurrent en tots els intervals, més enllà de què hi hagi o no bones discriminacions entre les matèries treballades. També l'interval de téxels més grans és el que proveeix menys discriminació entre matèries treballades (Taula A·10·5·5). Tanmateix, els dos altres intervals no compleixen la norma lineal dels atributs anteriors i és l'interval de +50 a -101 el següent menys discriminant (Taula A·10·5·3), en lloc de ser-ho el de +100 a -1001 (Taula A·10·5·4).

4·6·1·6 Atribut “Elongació” (Taules A·10·6).

Veient els resultats generals no voldria destacar gaire cosa. La discriminació obtinguda per matèries treballades és ben poca i poc transparent. L'interval de téxels més petits i el

de t xels generals donen millor resultats de discriminació (Taules A·10·6·2, A·10·6·5), però igual de caòtics i sense aportar claredat de cap mena sobre l'afer.

4·6·1·7 Atributs "Circularitat", "Quadratura", "Compacitat A" i "Ratio C/E" (Taules A·10·7).

Com podem veure en les taules, els resultats obtinguts per a aquests quatre atributs no són ben bé els mateixos. Tanmateix, són massa similars com per a comentar-los per separat –com si la informació que aix  aportessin fos llavors significativament major, que no és el cas. La relació entre "quadratura" i "compacitat A"  s pràcticament perfecta (Taules A·10·7·*·b), mentre que la mantinguda entre "quadratura" i "circularitat" no és exacta (Taules A·10·7·*·a, A·10·7·*·b), tot i que el fet de que existeixi la relació tampoc ens ha de resultar estrany, tenint en compte que un atribut i altre són comesurables –com ja he comentat es desprèn de la composició dels elements d'ambdues fórmules.

També hem de fixar-nos que la similaritat  s en diferent grau en funció de l'interval de magnitud dels t xels. Mentre que si prenem el conjunt de tots els t xels –sense diferenciar grandàries– o els t xels de mida més petita –interval –51– les distribucions resultants d'escala de similaritats entre matèries són calcades¹⁷³ (Taules A·10·7·2), en els intervals de magnitud de t xels més grans apareixen m s disparitats entre elles i els atributs no classifiquen les matèries de la mateixa forma. En línies generals podem afirmar que en els intervals de t xels més grans els resultats obtinguts divergeixen més per als quatre atributs. Tanmateix, això no implica que obtinguem m s discriminació entre matèries treballades: podem observar com en l'interval de t xels més grans (Taules A·10·7·5) les diferències significatives entre matèries són menors que en els intervals de t xels més petits (Taules A·10·7·2), amb la qual cosa en principi deixa de ser pertinent diferenciar els quatre atributs si no és per a obtenir una major discriminació entre matèries treballades –tot i que evidentment, per la natura del present treball, no podem deixar d'observar aquestes diferències de classificació per atributs.

Pel que fa ja a les discriminacions entre matèries treballades en els diferents atributs, podem observar en els intervals –51, de +50 a –101 i de +100 a –1001 una certa tendència a diferenciar-se les matèries toves i les més dures, tot amb matisos i en major o menor grau segons quina sigui la matèria treballada de referència en l'escala

¹⁷³ Tot i que en l'interval –51 les diferències significatives són diferents (Taules A·10·7·2).

(Taules A·10·7·2, A·10·7·3, A·10·7·4). En alguns casos l'escala de diferències en funció de la duresa és perfecta, com seria l'escala de “petxina” prenent el conjunt dels téxels o l'escala de “descarni” en l'interval +100 a -1001 (Taules A·10·7·4). A trets generals, és també aquest interval el que dona les escales de diferències entre matèries treballades més d'acord amb l'escala real de les seves dureses.

Per contra, si ens fixem en l'interval +1000 (Taules A·10·7·5), el de téxels més grans, les diferències entre matèries treballades deixen de ser tan coherents amb la diferència de la seva duresa –tret d'alguna sèrie o d'alguna associació per parelles–. Ni tan sols els canvis d'ordre depenent de l'atribut repercuteixen en classificacions més acurades sota aquest criteri de la diferència de duresa. Entre els quatre atributs, és “circularitat” el que dona una classificació més clara en aquest sentit. També cal apuntar que en aquest interval de magnitud els diferents atributs discriminen molt menys entre matèries que en els altres intervals que hem tractat, de forma prou evident pel que es pot constatar en les taules.

4·6·1·8 Atribut “Irregularitat” (Taules A·10·8).

Per a aquest atribut obtenim discriminació entre matèries treballades en tots els intervals, tret del de téxels més grans (Taula A·10·8·5). També la coherència de les escales de la matèria treballada amb les seves dureses es fa prou evident, amb petits matisos. La mateixa classificació i discriminació per al total dels téxels és prou discriminant (Taula A·10·8·1).

En l'interval de téxels més grans hi ha massa semblança entre les matèries treballades i aquestes no responen a cap patró relacionat amb les seves dureses. Només la parella “petxina-os” sembla tenir una clara tendència a agrupar-se, així com també “pell fresca-seca” (Taula A·10·8·5).

4·6·1·9 Atribut “Rectangularitat A” (Taules A·10·9).

Els intervals que proveeixen millor resultats de discriminació són el -51, +50 a -101 i +100 a -1001 (Taules A·10·9·2, A·10·9·3, A·10·9·4), i una altra volta l'interval de téxels més grans és el que obté menys discriminació entre matèries treballades. Ocorre el mateix amb la correlació de les escales de similaritat amb una escala general de duresa de les matèries treballades. Malgrat tot, en aquest cas l'interval de téxels més grans manté mitjanament una certa tendència general –molt difusa– en aquesta línia i cal observar que en aquest cas aquesta tendència és semblant a l'obtinguda per a l'interval

de téxels més petits –tot i que aquest dóna més discriminació per a diferenciar matèries treballades–. Els intervals mitjans són els que mostren una coherència entre l'escala de classificació de les matèries treballades i les seves dureses d'una forma més evident (Taules A·10·9·3, A·10·9·4).

4·6·1·10 Atribut “Perímetre/Eix Major” (Taules A·10·10).

S'obtenen prou bons resultats discriminants entre matèries treballades, però aquests van a menys quan anem a observar els intervals de téxels més grans –amb un salt qualitatiu significatiu, una altra volta– (Taula A·10·10·5). Amb la coherència de les classificacions de matèries treballades d'acord amb la seva duresa ocorre el mateix a grans trets –tot i que la trobem més en l'interval +100 a –1001 que en el +50 a –101 i el de –51 –i aquesta es perd en gran mesura en l'interval de téxels més grans (Taules A·10·10·4, A·10·10·3, A·10·10·2).

4·6·1·11 Atribut “Compacitat B” (Taules A·10·11).

S'obté molt poca discriminació entre matèries i les escales de classificacions per matèries són de caràcter molt caòtic. Aquesta tendència a la no discriminació de la matèria treballada és major quan més grans són els téxels.

4·6·1·12 Atribut “Rectangularitat B” (Taules A·10·12).

En aquest atribut obtenim una discriminació similar per a tots els intervals, trencant la norma que quan més grans són els téxels es perd discriminació. Ans al contrari, en l'interval de téxels més petits obtenim, tot i que lleument, menys discriminació i més, també lleument, en l'interval +50 a –101 (Taules A·10·12·2, A·10·12·3). Per altra banda, la millor discriminació l'obtenim per a un U Mann-Whitney amb tots els téxels sense diferenciar grandàries (Taula A·10·12·1).

En tots els intervals sol haver prou correlació entre les escales de similaritat de les matèries treballades i les seves dureses relatives. Aquesta correlació només es perd lleument en l'interval de téxels més grans, sobretot en “os” (Taula A·10·12·5).

4·6·2 Conclusions sobre els resultats de la U de Mann-Whitney.

Vistos els variats resultats, no podem extreure unes conclusions unívocues respecte a les classificacions ofertes per cadascun dels atributs, doncs cadascun d'ells ofereix

classificacions i resultats particulars, més tenint en compte les variacions en els intervals de magnitud. Només podem apuntar tres fets: 1) un comportament particular dels atributs de composició enfront als de forma i magnitud, 2) la poca significança dels atributs “elongació” i “compacitat B” per a la discriminació de la matèria treballada (Taules A·10·6, A·10·11) i 3) la recurrència de models de classificació de les matèries treballades en funció de les seves dureses relatives en molts atributs i en molts intervals de magnitud. Per descomptat, es confirma la pertinença de fer una anàlisi dels atributs del téxels a partir de dividir el conjunt de téxels en intervals de magnitud, doncs en funció d’aquest factor els resultats són diferents.

Tampoc ara, en funció dels resultats obtinguts en aquest testos, considero que sigui pertinent eliminar atributs i intervals de téxels per ser poc discriminants. Sent la natura del treball present la que és, considero els resultats negatius obtinguts uns resultats significatius per a ser reflectits en el text. Recordem que la raó de ser d’aquestes estadístiques és tenir uns resultats amb els quals poder contrastar aquells que obtinguem de la Xarxa Neural, intentant donar una raó de ser a aquests darrers, evitant així el problema de la “caixa fosca” que implica al mecanisme d’operació i classificació de la Xarxa Neural.

4·6·3 Contrastació dels resultats de la U de Mann-Whitney amb els obtinguts per les proves de comparacions de mitges.

Com bé recordem, per a l’interval de téxels més grans i per a uns quants atributs s’han obtingut distribucions normals que permetien i feien lícit dur a terme testos per comparacions de mitges (veure subcapítol 4·5). Aquests atributs eren els quatre de composició –“mitja”, “desviació estàndard”, “moda” i “mínima” de la lluminositat–, “quadratura”, “rectangularitat A” i “compacitat B”. Ara voldria comparar els resultats obtinguts en els testos de comparacions de mitges i les U de Mann-Whitney a la recerca de possibles concordances i així determinar la validesa i mena de classificació obtingudes en cada cas.

En primer terme, vull comentar que la comparació de resultats no es pot fer de forma senzilla, doncs la forma de presentar els resultats de cadascuna de les proves és diferent. Les proves de comparació de mitges donen com a resultat unes taules que són ben diferents a les comparacions per parelles de la U de Mann-Whitney. Tanmateix, he sintetitzat els resultats de les proves de comparacions múltiples i de la U de Mann-

Whitney en unes taules d'estructura similar (Taules A·9 i A·10·*·5). Malgrat tot, les proves de rang donen un tipus de taula que difícilment és comesurable amb aquestes que he ideat, però podem tenir una vaga idea igualment d'on es troben les diferències entre uns resultats i altres.

El primer comentari a fer és que les distribucions de les taules de les proves de comparacions múltiples i els de la U de Mann-Whitney presenten moltes semblances, tot i que de forma ben particular per a cadascun dels atributs. Per això mateix passaré a presentar els resultats atribut per atribut.

4·6·3·1 Per a “mitja de la lluminositat” (Taules A·9·1 i A·10·2·5).

Si recordem l'exposat en l'apartat 4·5·3, vèiem com en la prova de comparacions múltiples hi havia una clara tendència a la similaritat en funció de l'escala relativa de duresa de la matèria treballada (Taula A·9·1). L'únic cas excèntric o matèria treballada que distorsionava els resultats era “pell fresca”, possiblement per un problema mostral al ser la categoria representada amb menys casos. L'escala de valors obtinguda per a la prova de rang corresponent mostrava exactament el mateix de forma fefaent. Tanmateix, veiem com aquesta transparència es trenca en la U de Mann-Whitney per a la distribució dels mateixos téxels (Taula A·10·2·5). En aquesta prova només podem trobar que en l'escala mostrada per a alguna matèria treballada molt concreta una gradació coherent amb diferències de duresa, però molt forçades i de dubtosa significança valorant que les divergències que existeixen per a les mateixes són nombroses també. Tanmateix, cal fer esment que es mantenen algunes tendències.

4·6·3·2 Per a “desviació estàndard de la lluminositat” (Taules A·9·2 i A·10·3·5).

En les proves de comparacions múltiples, les similaritats observades no responen a cap patró de duresa de la matèria treballada (Taula A·9·2). Amb les proves de rang ens trobem amb el mateix, a part de molt poca discriminació entre matèries treballades (Taula A·10·3·5). La U de Mann-Whitney no aporta res de nou pel que fa a discriminació positiva de les matèries treballades, així com tampoc obtenim una gradació de les matèries treballades en funció de la seva duresa. L'únic vertaderament destacable és que la distribució de diferències donada per les proves de comparacions múltiples i la U de Mann-Whitney presenta algunes recurrències ficant una taula vora l'altra –malgrat que també són moltes les diferències.

4·6·3·3 Per a “moda de la lluminositat” (Taules A·9·3 i A·10·4·5).

En les proves de comparacions múltiples, l’atribut s’adequa en gran mesura a un patró de diferències per duresa de la matèria treballada (Taula A·9·3). Ara és “os”, “fusta seca” i “fusta fresca” les matèries treballades que trenquen una mica l’ordre coherent. Se pot sintetitzar molt més clarament la diferència entre matèries toves i dures. Això es ratifica observant l’escala obtinguda per a les proves de rang. I ara, tot i que amb algunes diferències –les quals també trenquen una mica aquesta netedat en la partició matèries dures i toves–, els resultats per a la U de Mann-Whitney resulten ser molt semblants (Taula A·10·4·5). Fins i tot en les files de les matèries més toves algunes de les escales són idèntiques, no així per a les escales de les matèries més dures –on comencen a mostrar-se més diferències.

4·6·3·4 Per a “lluminositat mínima” (Taules A·9·4 i A·10·5·5).

En les proves de comparacions múltiples no es mostra un patró clar de diferències per duresa de les matèries treballades (Taula A·9·4). Les proves de rang mostren una escala on hi ha un agrupament, però un tant desordenat, sent les matèries treballades toves més similars a les dures que a les mitges. La U de Mann-Whitney mostra una taula que és força diferent amb la de comparacions de mitges i on semblen mostrar-se unes diferències de forma molt desordenada sense seguir un patró gaire clar (Taula A·10·5·5) –malgrat que les escales per a les matèries més toves sembla que vulguin diferenciar matèries toves i dures, això es dilueix massa en la resta de sèries com per a considerar-ho significatiu de res.

4·6·3·5 Per a “quadratura” (Taules A·9·5 i A·10·7·5·b).

En les proves de comparacions múltiples no hi ha un patró clar de diferències per duresa de les matèries treballades. L’únic que apareixen algunes similituds per parelles que es mantenen en les diferents línies, però això tampoc no ho podem considerar gaire significatiu (Taula A·9·5). Per contra, i a grans trets, en les proves de rang es fa evident una diferència entre les matèries dures, les fustes com a mitges i les toves. La prova de la U de Mann-Whitney no mostra un patró clar com la taula de les comparacions múltiples, però precisament val a dir que entre una taula i altra hi ha moltes recurrències en la localització de les diferències entre matèries treballades, si més no a grans trets i amb diferències que igualment permeten una visió general de similitud (Taula A·10·7·5·b).

Val a dir que una de les grans diferències que aporta la prova de la U de Mann-Whitney per a aquest atribut és la coincidència de resultats total amb l'atribut de “compacitat A” i parcial amb “circularitat” i “ratio circularitat/estretor” (Taules A·10·7·5). Aquesta coincidència no es dona de cap de les maneres en les proves de comparacions de mitges.

4·6·3·6 Per a “rectangularitat A” (Taules A·9·6 i A·10·9·5).

En les proves de comparacions múltiples, podem trobar una tendència lleu a diferències en funció d'un patró de la duresa de la matèria treballada, el qual és molt més clar diferenciant un grup en matèries dures i un altre en matèries toves –tot i que amb alguna excepció divergent– (Taula A·9·6). Les proves de rang donen quelcom de similar. Respecte a la taula de resultats de la U de Mann-Whitney només podem comentar la semblança amb la taula de síntesi de les comparacions múltiples, tot i que val a remarcar aquesta diferenciació entre matèries dures i toves que abans teníem a partir d'aquests petits canvis (Taula A·10·9·5).

4·6·3·7 Per a “Compacitat B” (Taules A·9·7 i A·10·11·5).

En els resultats de les proves de comparacions múltiples no podem trobar un patró clar de diferències per duresa de les matèries treballades. La distribució de diferències és totalment anàrquica (Taula A·9·7). L'escala aportada per les proves de rang no canvien en res aquesta constatació. La U de Mann-Whitney dona com a resultat una taula amb diferències substancials comparant-la amb l'anàloga de comparacions múltiples, però igualment anàrquica en quan a patró explicatiu de les diferències –només hi ha la classificació de semblances per a “os” que és idèntica– (Taula A·10·11·5). Fixem-nos que en la taula de comparacions múltiples les diferències en les mitges són ben poques; així mateix, en la taula de la U de Mann-Whitney les diferències en el rang mig poques vegades són considerades significatives com per diferenciar matèries treballades. Altra cosa seria però valorar el valor operatiu d'aquestes diferències cara a interessar-nos dur a terme una discriminació entre usos, però prefereixo de moment no abordar aquest tema.

4·6·3·8 Conclusions de la contrastació de resultats.

Com a conclusions generals, podem afirmar que per a aquest interval de téxels més grans, les proves de comparacions de mitges donen millors resultats que no les no-

paramètriques, sempre a grans trets. En general, recordem que els resultats de la U de Mann-Whitney per a l'interval de téxels més grans eren decebedors (veure subcapítols 4·6·1 i 4·6·2). Podríem concloure així que per als téxels més petits i més nombrosos les distribucions de valors –els seus rangs– aporten més informació que no les mitges, que de fet assimilen els conjunts de téxels per a cada matèria treballada. Tot el contrari per als téxels més grans i més escassos, on els valors mitjans són els que ajuden a la discriminació majorment, mentre que els seus rangs –proves d'U de Mann-Whitney– no aporten més que confusió.

També podríem concloure que les formes d'operar òptimes a l'hora d'analitzar els téxels són proves de comparació de mitges per als téxels majors de +1000 píxels i proves de la U de Mann-Whitney per a téxel de –1001 píxels, tot i que podríem introduir una sèrie de matisos a aquesta afirmació.

4·7 Estadístiques de mitges i desviacions estàndard sobre els téxels integrats en el marc d'una imatge.

En les conclusions del subcapítol 4·2 feia al·lusió al fet que donat que les estadístiques sobre la base de téxels mostren anormalitat en les distribucions per a la totalitat dels atributs, les mitges i desviacions estàndards –obtingudes de les distribucions dels atributs en les imatges i que constituïen la base de dades d'imatges– no representaven índexs vàlids.

Amb tot, cal parar esment que aquestes distribucions dels valors dels atributs intrafoto mostren una major tendència a la normalitat que les distribucions de la totalitat dels téxels¹⁷⁴. Això no deixa de ser lògic si tenim en compte que els téxels generats dintre del marc d'una imatge responen a unes condicions de formació molt més homogènies que les implicades en tot el conjunt dels téxels, malgrat que siguin de la mateixa matèria treballada. Com a resultat, la normalitat de la distribució dels valors que defineixen els téxels és superior entre els generats dintre d'una imatge que entre tots el que conformen el conjunt de téxels de totes les imatges que representen a una matèria treballada. Val a dir però que a la normalitat també ajuda que el nombre de téxels que es recullen en l'interior d'una imatge és molt menor que el del total; la dispersió de valors i aparició d'*outliers* serà molt més limitada.

¹⁷⁴ He realitzat proves en aquest sentit, les quals no presento doncs aportarien més confusió que coneixement en el discurs.

El valors mitjans i desviacions estàndard dels atributs de l'alteració d'ús en superfície representen valors sintètics d'aquell atribut per a aquella imatge, única forma que se'm va acudir per implementar uns índexs de cadascuna de les imatges per al seu processament. Malgrat el problema que he apuntat sobre l'anormalitat de les distribucions de valors, que no són totalment superades dintre del marc de la imatge, vaig tirar endavant en el processament de la base de dades resultant tant estadísticament com amb xarxes neurals, amb resultats per aquest darrer processament que ja especificaré en el capítol 5.

La bateria d'estadístiques que he aplicat a la base de dades de mitges dels atributs en les imatges no ha estat tan extensa com l'aplicada a la base de dades de téxels, doncs l'únic que he pretès és una definició mínima de les distribucions de les mitges i les desviacions típiques dels atributs dintre de la base de dades d'imatges, cara a tenir un element de contrastació amb els resultats obtinguts amb les Xarxes Neurals¹⁷⁵. Així, ens hem fixat per a cadascuna de les variables en la mitja i desviació estàndard cara a comprovar si hi ha normalitat en les seves distribucions (veure resultats del Kolmogorov-Smirnov: Arxius B·9) i, posteriorment, he fet unes proves post-hoc per veure quina distribució en grups homogenis segons matèria treballada donava com a resultat. A continuació dono els resultats.

4·7·1 Resultats de les Mitges.

4·7·1·1 MNAR (mitja d' "àrea").

NO normalitat: les distribucions no s'ajusten a la normalitat en cap de les categories d'ús, seguint el model dels téxels ens ha de fer pensar en una gran variabilitat de distribucions de les grandàries dels téxels dintre de les imatges, fet que no treu que dintre de la imatge la normalitat pugui ser major o tendent.

SÍ discriminació (taula A·11·1): Pel que fa al poder de discriminació en categories d'ús per part d'aquesta variable podem afirmar que resulta evident. Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

MIG escalament: L'escalament és relatiu únicament a les dureses tou/mig/dur.

¹⁷⁵ Malgrat aquesta constatació, vaig deixar de banda les estadístiques que inscriu en aquest apartat fins que els experiments amb Xarxes Neurals emprant la base de dades d'imatges ens van aportar resultats que d'una forma ben palesa mostraven discriminació entre les matèries treballades. És a dir, aquestes estadístiques foren executades *a posteriori*.

4·7·1·2 MNMEAN (mitja de “mitja de la lluminositat”).

SÍ normalitat: Únicament trenca la normalitat la categoria “os”, tot i que la prova de significança mostra una certa tendència a la normalitat. Cal recordar que els atributs de composició eren en les estadístiques de téxels aquells que donaven una major tendència a la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·2): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

MIG escalament: Amb tot l'escalament que ens mostra és una mica confús. Recordem que els atributs de composició en les estadístiques de téxels eren els que mostraven una major tendència a l'escalament de forma evident.

4·7·1·3 MNMSD (mitja de “desviació estàndard de la lluminositat”).

SÍ normalitat: Distribució normal per a totes les categories d'ús.

SÍ discriminació (taula A·11·3): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·1·4 MNMOD (mitja de “moda de la lluminositat”).

SÍ normalitat: Distribució normal per a totes les categories d'ús.

SÍ discriminació (taula A·11·4): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

MIG escalament: L'escalament és relatiu únicament a les dureses tou/mig/dur).

4·7·1·5 MNMINLU (mitja de “lluminositat mínima”).

SÍ normalitat: Únicament trenca la normalitat la categoria “fusta seca”, tot i que la prova de significança mostra una certa tendència a la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·5): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

MIG escalament: Amb tot l'escalament que ens mostra és una mica confús. Recordem que els atributs de composició en les estadístiques de téxels eren els que mostraven una major tendència a l'escalament de forma evident.

4·7·1·6 MNELO (mitja d'“elongació”).

BAIXA normalitat: Només en tres de les categories d'ús: “descarni”, “petxina” i “fusta fresca”. Malgrat tot en alguna de la resta de categories es pot detectar certa tendència a la normalitat.

NO discriminació (taula A·11·6): Les proves post-hoc donen com a molt una pobra separació en 2 subgrups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Únicament forçant molt la interpretació semblen apartar-se un tant les matèries toves.

4·7·1·7 MNCIR (mitja de “circularitat”).

SÍ normalitat: Únicament trenca la normalitat la categoria “os”, tot i que la prova de significança mostra una certa tendència a la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·7): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Únicament forçant la interpretació, pot semblar que hi hagi una tendència a separar-se les matèries toves de les més dures, però de forma caòtica dintre d'aquesta mena de macrocategories.

4·7·1·8 MNQUA (mitja de “quadratura”).

ALTA normalitat: Únicament trenca la normalitat la categoria “fusta seca”, que s'allunya significativament de la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·8): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Únicament forçant la interpretació pot semblar una tendència a ordenar-se les matèries toves i les més dures, però de forma caòtica dintre d'aquesta mena de macrocategories.

4·7·1·9 MNRCT (mitja de “ràtio circularitat/estretor”).

ALTA normalitat: Únicament trenca la normalitat la categoria “os”, que s'allunya significativament de la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·9): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Únicament forçant la interpretació, pot semblar que hi hagi una tendència a ordenar-se les matèries toves i les més dures, però de forma caòtica dintre d'aquesta mena de macrocategories.

4·7·1·10 MNCOA (mitja de “compacitat A”).

SÍ normalitat: Únicament trenquen la normalitat les categories “fusta seca” i “pell fresca”, tot i que la prova de significança mostra una certa tendència a la normalitat d'ambdues.

NO discriminació (taula A·11·10): Les proves post-hoc donen com a molt una pobra separació en 2 subgrups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·1·11 MNREA (mitja de “rectangularitat A”).

ALTA normalitat: Únicament trenquen la normalitat les categories “os” i “pell fresca”, tot i que la prova de significança mostra una certa tendència a la normalitat de la segona.

NO discriminació: Les proves post-hoc no donen separació en subgrups homogenis (per aquesta causa no he elaborat un quadre en la sèrie A·11 per aquesta variable).

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·1·12 MNRPE (mitja de “ràtio perímetre/eix major”).

ALTA normalitat: Únicament trenquen la normalitat les categories “os” i “petxina”, que s'allunyen significativament de la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·11): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 3 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Únicament forçant la interpretació pot semblar que hi hagi una tendència a ordenar-se les matèries toves i les més dures, però de forma caòtica dintre d'aquesta mena de macrocategories.

4·7·1·13 MNFDIA (mitja de “diàmetre feret”).

BAIXA normalitat: Únicament entren en la normalitat les categories “fusta seca” i “pell fresca”.

SÍ discriminació (taula A·11·12): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

MIG escalament: L’escalament és relatiu únicament a les dureses tou/mig/dur.

4·7·1·14 MNCOB (mitja de “compacitat B”).

ALTA normalitat: Únicament trenca la normalitat la categoria “os”, que s’allunya significativament de la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·13): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 3 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·1·15 MNREB (mitja de “rectangularitat B”).

NO normalitat: les distribucions no s’ajusten a la normalitat en cap de les categories d’ús.

SÍ discriminació (taula A·11·14): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

MIG escalament: L’escalament és relatiu únicament a les dureses tou/mig/dur.

4·7·2 Resultats de les Desviacions Estàndard.

4·7·2·1 SDAR (desviació estàndard d’“àrea”).

NO normalitat: les distribucions no s’ajusten a la normalitat en cap de les categories d’ús.

SÍ discriminació (taula A·11·15): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

MIG escalament: L’escalament és relatiu únicament a les dureses tou/mig/dur.

4·7·2·2 SDMEAN (desviació estàndard de “mitja de la lluminositat”).

MITJA normalitat: Tres categories s’allunyen de la normalitat: “os”, “pell seca” i “fusta fresca”. Val a dir però que “pell seca” mostra una clara tendència vers la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·16): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Concretament les matèries dures i “pell seca” trenquen l’escala ubicant-se on no correspon.

4·7·2·3 SDSD (desviació estàndard de “desviació estàndard de la lluminositat”).

BAIXA normalitat: Únicament entren en la normalitat les categories “petxina”, “pell seca” i “pell fresca”.

SÍ discriminació (taula A·11·17): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·2·4 SDMOD (desviació estàndard de “moda de la lluminositat”).

MITJA normalitat: Tres categories s’allunyen de la normalitat: “os”, “fusta seca” i “fusta fresca”. Val a dir però que “pell seca” mostra una clara tendència vers la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·18): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 3 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·2·5 SDMINLU (desviació estàndard de “lluminositat mínima”).

MITJA normalitat: Tres categories s’allunyen de la normalitat: “os”, “fusta seca” i “fusta fresca”. Val a dir però que “pell seca” mostra una clara tendència vers la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·19): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·2·6 SDELO (desviació estàndard d'“elongació”).

BAIXA normalitat: Únicament entren en la normalitat les categories “descarni” i “fusta fresca”.

SÍ discriminació (taula A·11·20): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 3 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Únicament forçant la interpretació pot semblar que hi hagi una tendència a separar-se les matèries toves de les més dures, però de forma caòtica dintre d'aquesta mena de macrocategories.

4·7·2·7 SDCIR (desviació estàndard de “circularitat”).

SÍ normalitat: Únicament trenca la normalitat la categoria “fusta seca”, tot i que la prova de significança mostra una certa tendència a la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·21): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 3 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Únicament forçant la interpretació pot semblar que hi hagi una tendència a separar-se les matèries toves de les més dures, però de forma caòtica dintre d'aquesta mena de macrocategories.

4·7·2·8 SDQUA (desviació estàndard de “quadratura”).

BAIXA normalitat: Únicament entren en la normalitat les categories “petxina”, “fusta fresca” i “pell fresca”.

SÍ discriminació (taula A·11·22): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Sembla que la categoria “fusta seca” deslocalitzant-se d'on l'hi pertocaria trenca la possibilitat d'un escalament mig en tres categories tou/mig/dur.

4·7·2·9 SDRCT (desviació estàndard de “ratio circularitat/estretor”).

SÍ normalitat: Distribució normal per a totes les categories d'ús.

SÍ discriminació (taula A·11·23): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Únicament forçant la interpretació pot semblar que hi hagi una tendència a separar-se les matèries toves de les més dures, però de forma caòtica dintre d'aquesta mena de macrocategories.

4.7.2.10 SDCOA (desviació estàndard de “compacitat A”).

BAIXA normalitat: Únicament entren en la normalitat les categories “pell fresca” i “fusta fresca”.

SÍ discriminació (taula A·11·24): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories. Únicament forçant la interpretació pot semblar una tendència a separar-se les matèries toves de les més dures, però de forma caòtica dintre d'aquesta mena de macrocategories.

4.7.2.11 SDIRR (desviació estàndard d’“irregularitat”).

BAIXA normalitat: Únicament entren en la normalitat les categories “petxina”, “pell fresca” i “fusta fresca”.

SÍ discriminació (taula A·11·25): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 5 grups homogenis.

MIG escalament: L'escalament és relatiu únicament a les dureses tou/mig/dur. Sembla que la categoria descarni deslocalitzant-se d'on l'hi pertocaria trenca la possibilitat d'un escalament quasi total.

4.7.2.12 SDREA (desviació estàndard de “rectangularitat A”).

ALTA normalitat: Únicament trenca la normalitat la categoria “os”, que s'allunya significativament de la normalitat.

NO discriminació: Les proves post-hoc no donen separació en subgrups homogenis (per aquesta causa no he elaborat un quadre en la sèrie A·11 per aquesta variable).

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·2·13 SDRPE (desviació estàndard de “ratio perímetre/eix major”).

BAIXA normalitat: Únicament entren en la normalitat les categories “pell fresca” i “fusta fresca”.

SÍ discriminació (taula A·11·26): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 3 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·2·14 SDFDIA (desviació estàndard de “diàmetre feret”).

NO normalitat: les distribucions no s’ajusten a la normalitat en cap de les categories d’ús.

SÍ discriminació (taula A·11·27): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

MIG escalament: L’escalament és relatiu únicament a les dureses tou/mig/dur.

4·7·2·15 SDCOB (desviació estàndard de “compacitat B”).

MITJA normalitat: Tres categories s’allunyen de la normalitat: “os”, “fusta seca” i “fusta fresca”. Val a dir però que “pell seca” mostra una clara tendència vers la normalitat.

SÍ discriminació (taula A·11·28): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

NO escalament: No es pot veure cap correspondència dels valors amb una escala de dureses del materials als quals representen les categories.

4·7·2·16 SDREB (desviació estàndard de “rectangularitat B”).

NO normalitat: les distribucions no s’ajusten a la normalitat en cap de les categories d’ús.

SÍ discriminació (taula A·11·29): Les proves post-hoc ens donen com a resultat la separació de fins a 4 grups homogenis.

MIG escalament: L’escalament és relatiu únicament a les dureses tou/mig/dur.

4·7·3 Conclusions al processament de la base de dades de síntesi de les imatges.

La discriminació s'assoleix com a màxim en 5 grups homogenis i únicament per a la variable SDIRR (desviació estàndard de la irregularitat). Generalment s'assoleix com a màxim 4 grups homogenis en alguna o vàries de les proves post-hoc. No existeix discriminació per a les variables MINELO, MNCOA, MNREA i SDREA. És a dir, la “rectangularitat A” no serveix per res a l'hora de discriminar.

Podem observar com les Desviacions Estàndard (SD) són bastant més discriminants que les Mitges (MN). Tot el contrari passa amb les tendències a la normalitat, més freqüents entre les Mitges.

4·8 La determinació de la cinemàtica.

En el repàs bibliogràfic al llarg del capítol 1 he insistit reiteradament en l'etern oblit per part dels especialistes en la nostra disciplina a tractar en igualtat de condicions la cinemàtica com a factor formatiu de les alteracions d'ús, al igual dels que s'integren en la matèria treballada. Més enllà de les raons que han conduït a aquest oblit, prefereixo centrar-me més en per què és incorrecta aquesta concepció parcial i en el problemes que pot comportar.

La natura del procés de formació de les alteracions d'ús comporta que la cinemàtica sigui un factor inseparable respecte a la matèria treballada. De fet en un sentit estricte és el moviment, l'energia aplicada en la interfase entre les dues matèries – la treballada i la lítica que conforma l'útil–, la que genera l'alteració d'ús. La matèria, tant de l'útil com la treballada, per si sola és un element passiu en el procés, només adoptant un sentit rellevant en tant i en quant “es mou”; és a dir, quant adopta una cinemàtica.

Amb tot, el sentit ple de tenir en compte la cinemàtica en l'anàlisi de traces d'ús pren relleu per la informació que aporta sobre la forma d'emprar els útils concrets. Les inferències que podem extreure a partir d'aquí sobre com es duen a terme els processos productius concrets i, més generalment, quin és el desenvolupament dels mitjans de producció en cada societat concreta són evidents, alhora que enriquidors en gran mesura del coneixement sobre la societat del passat en estudi. Aquesta concepció va molt d'acord amb la que va plantejar S.A. Semenov en el seu dia, arqueòleg fundacional de les anàlisis d'alteracions d'ús que es va plantejar com a objectiu reconstruir una història de la tecnologia, en la qual es palesés el desenvolupament dels instruments al llarg de la

Història –desenvolupament dels mitjans de producció des de la seva concepció marxista.

Nogensmenys, el plantejament analític i experimental del fenomen de l'alteració d'ús en superfície ens obliga a aïllar el factor “cinemàtica” respecte del de matèria treballada si en volem treure l'aigua clara. Que els dos factors s'integrin en el procés no significa que les característiques que els defineixin siguin indestruïbles analíticament, però és que de fet en la seva representació es presenten sota aspectes diferents. Això implica que tots els tèxels i tots els atributs no han de ser iguals de representatius per als dos aspectes de l'ús. Ja n'he parlat en l'enumeració dels atributs; mentre que uns seran bons indicadors per a “matèria treballada”, els altres ho seran per a “cinemàtica”.

Treballs previs –en els quals he estat implicat– ens han indicat que la interrelació de dos atributs com “elongació” i “angle de l'eix major” és un mecanisme molt eficient per trobar els tèxels més representatius del moviment, bons descriptors dels factors d'ús (TOSELLI et al. 2002). Val a dir que amb la base de dades de tèxels actuals no hem pogut repetir l'èxit, causa que –com insistiré més tard– adjudico a la manca d'adequació de l'interval lumínic triat per a la segmentació dels tèxels –0-120 com recordarem– per perfilar les estructures representatives de la cinemàtica.

4·8·1 La definició matemàtica de la cinemàtica.

Val a dir que, històricament en la nostra disciplina, l'aïllament analític de la cinemàtica ha resultat extremadament senzill. En la bibliografia de les anàlisis convencionals la cinemàtica majorment s'ha inferit a partir de les estries i la seva orientació (SEMENOV 1981: 33, 37-49, T.O. 1957; KEELEY 1980: 22-23), així mateix per l'orientació global del micropolít, com també, però sense tan èmfasi, per la localització i punts d'extracció dels escantells (per ex. CLEMENTE 1997: 46-47). Com ja hem recordat en el capítol 2, les estries han assumit la categoria de “traça d'ús” independent –assumpció contradictòria amb una teoria de l'abració¹⁷⁶–, simplement per la seva forma particular. Contràriament a aquesta postura d'adjudicar noms a les diferents expressions del fenomen de l'alteració d'ús –la qual ha primat i prima en la disciplina–, la meua proposta analítica (veure subcapítol 3·2·3·1) es basa en fixar-se en els trets globals de tota l'alteració d'ús en superfície que puc observar al microscopi per extreure les dues

¹⁷⁶ Recordem que en una teoria de l'abració l'estria només seria un estadi molt poc desenvolupat del micropolít i aquest darrer el resultat de la suma d'estriacions, que donaria com a resultat una superfície.

informacions que m'interessen –matèria treballada i cinemàtica– i val a dir que aquesta segona s'infereix majorment des de la definició concreta i quantitativa de les “estructures lineals” de l'alteració d'ús en superfície¹⁷⁷.

Ja més concretament, i també a conclusions de feina feta, sabem que la major definició de les estructures lineals concretes es dona a partir dels atributs d'“elongació” i “angle” (veure subcapítol 3·2·3·2), malgrat que els propis resultats també ens apunten que no exclusivament (BARCELÓ, PIJOAN 2004). Recordem que l'“elongació” és la relació entre l'eix major i el seu perpendicular major; geometritzant mentalment la relació és fàcil afigurar que un valor més alt mostraria una relació proporcional d'allargament. L'“angle”, mostrant els graus que l'eix major té amb l'eix X del marc de la imatge –al seu torn coincident gràcies al protocol unívoc de presa d'imatges amb la vora-tall de l'instrument–, indicaria la direcció que aquesta elongació del téxel adopta en la imatge.

Arribar a aquestes conclusions tan simples ha estat el fruit d'anys de treball en l'aplicació de la metodologia que s'exposa en aquesta tesi, superant els primers treballs de disquisició més aviat teòrica (PIJOAN 2000; BARCELÓ et al. 2001), però imprescindibles per arribar al punt on som ara.

Els primers resultats que vam obtenir en anàlisi dels téxels, a partir dels seus valors per a atributs de forma i magnitud, ens van indicar que existia un excessiu encavalcament entre els instruments amb acció longitudinal i el de transversal (PIJOAN et al. 2002). En principi, hom podia considerar que una anàlisi estadística no havia de ser el millor mètode per discriminar la cinemàtica dels instruments; però cert era també que una anàlisi multidimensional obria un cert punt d'esperança: la relació elongació/angle donava un 42% d'explicació a la variabilitat observada. Així mateix, únicament “angle” aportava un 23% de l'explicació de la variabilitat (PIJOAN et al. 2002: 60).

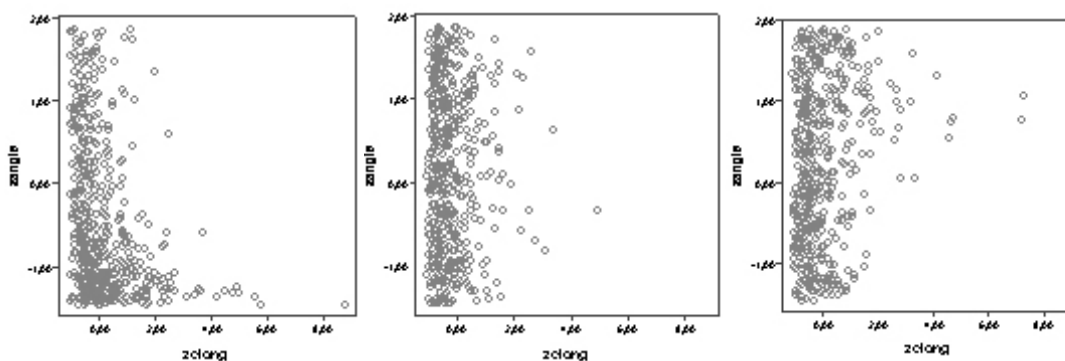
Posteriorment, una aplicació de la mateixa metodologia a alteracions d'ús en superfície sobre matèries primeres volcàniques ens va oferir resultats molt més esperançadors (TOSELLI et al. 2002). Concretament es va treballar amb instruments experimentals d'obsidiana i tres varietats d'andesita. Tots els materials eren utilitzats sobre les mateixes matèries treballades: fusta fresca, pell seca i petxina. Val a dir que les

¹⁷⁷ Amb aquesta postura arracono l'eterna caiguda en l'abisme de la metafísica de les traces d'ús, on els traceòlegs ens veiem empesos a l'obligació de donar noms concrets i particulars a qualsevulla fenomenologia particular de les traces d'ús, abandonant la reflexió sensata que possiblement ens indicaria que estem donant dos noms a expressions quantitatives diferents del mateix fenomen.

cinemàtiques emprades estaven descompensades, doncs mentre el moviment transversal estava representat per les dues primeres matèries treballades, el longitudinal ho estava per la tercera; és a dir, que les dues cinemàtiques no estaven representades igualment en cadascuna de les tres matèries treballades, fet que provocarà una limitació en la interpretació de l'èxit dels resultats.

Amb tot, els resultats foren satisfactoris i apuntaren unes línies que finalment han resultat encertades. La relació entre “elongació” i “angle” es mostrava molt operativa per discernir el moviment: els t xels que mostraven un índex d'elongació major tenien una tendència evident a mantenir valors d'“angle” més d'acord amb la cinemàtica concreta. Per a “angle” recordarem que valors més propers a 0  estan vinculats amb el moviment longitudinal i angles més propers a 45  més aviat amb el moviment transversal. Aix   s a dir, podíem inferir que els t xels m s elongats estaven causalment m s condicionats en la seva formació pel moviment durant el procés de treball.

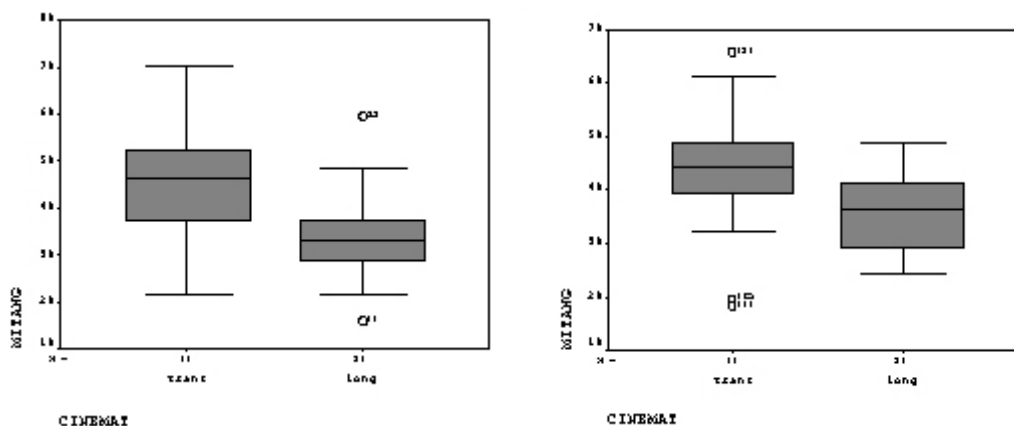
Aix  per altra banda discriminava entre dos tipus de t xels; 1) aquells que presenten un baix índex d'elongació i un angle de l'eix major atzarós i 2) aquells que presenten un alt índex d'elongació i un angle de l'eix major en coherència al factor cinemàtica. Vam determinar la línia que separava m s netament aquests dos grups en el valor 2 –elongació normalitzada– (Gràfic 4.2).



Gràfic 4.2 – Els gràfics de dispersió mostren la relació entre “elongació” –eix X– i “angle de l'eix major” –eix Y–. Els valors estan normalitzats, però són creixents per a ambdós factors des del punt de partida de les coordenades –racó esquerre inferior–. Extret de (TOSELLI et al. 2002: 74).

Però més important que aix  fou que vam aprendre que l'elecció de l'amplitud de l'interval de lluminositat condicionava en gran mesura els resultats, doncs la informació estreta variava enormement. En aquest treball amb s lces volcànics es van emprar tres intervals de lluminositat i es va evidenciar que l'interval de lluminositat 0-

120 –el mateix que en la present tesi i en el primer intent que vam extreure resultats pocs satisfactoris (PIJOAN et al. 2002)– proveïa molts pitjors resultats que un interval més estret com 0-80. Per altra banda, l’altre interval emprat –160-200 que recollia l’alteració en la “banda fosca”–, prou estret i que només recull 40 valors de lluminositat, també aportava bons resultats, però val a dir que no tan clars com l’interval 0-80 (Gràfic 4.3).



Gràfic 4.3 – Diagrames de caixa per a “angle de l’eix major” creuat amb la categoria “cinemàtica”, a l’esquerra per a l’interval 0/120 i a la dreta per a l’interval 160/200. Extret de (TOSELLI et al. 2002: 74).

Aquests resultats obtinguts es van reafirmar en el Treball d’Investigació de 3er Cicle realitzat per A. Toselli (TOSELLI 2004). Només un cop d’ull sobre els gràfics bidimensionals on es combinen tots dos atributs ja ens indiquen una correlació evident, tant en el de l’interval lumínic 0-80 com en el 160-200 (TOSELLI 2004: 147-153; Arxiu B·10). En el moviment transversal, la majoria dels téxels estan orientats amb una evident tendència cap als 90° i resulten ser relativament més curts, mentre que en moviments longitudinals, els téxels tindran orientacions amb angles aguts tendint a 0° i majorment elongats respecte als transversals. En el moviment de perforació, en canvi, els téxels són molt menys elongats i no s’observa cap tendència en quant a la seva orientació. Aquestes relacions s’evidencien més clarament en l’interval lumínic 0-80, on la concentració de téxels és major.

Així mateix, si seleccionem els téxels amb elongació major de 4, obtenim que la correlació descrita més endalt es torna molt més evident, tal com es pot observar en els gràfics de caixa (TOSELLI 2004: 148-151; Arxiu B·10) en els quals apareixen representats els angles dels téxels en relació al seu moviment. Comparant aquestes

caixes amb les que tenim per als t xels no filtrats segons l'elongació >4, podem entendre clarament a què em refereixo.

En el treball d'A. Toselli, en el cas del moviment longitudinal, interval lumínic 0-80 i amb el filtrat dels t xels >4, se seleccionen el 28% (340 dels 1210 total). En el moviment transversal, amb el filtrat se seleccionen el 21% (333 dels 1566). Per a perforació només queden seleccionats el 6% dels t xels en aplicar el filtre (12 dels 189 total).

La base de dades de mitges d'atributs per imatges ens ofereix resultats similars per a la cinemàtica, però val a dir que no tan clars com els que es desprenen de l'anàlisi de la base de t xels. Una altra volta, l'interval que mostra amb major claredat les tendències dels t xels en quant a "elongació" i "angle" en funció del moviment és el 0-80. Malgrat que els "bigotis" dels diagrames de caixa presenten un cert encavalcament, la majoria dels t xels es diferencien per les seves cinemàtiques "transversal" o "longitudinal", agrupant-se al voltant a una mitja de l'angle. Aix  mateix, quan la cinemàtica  s "perforació" l'encavalcament amb els altres moviments és molt més alta (TOSELLI 2004: 96).

4.8.2 Conclusions als resultats sobre la cinemàtica.

La presentació d'aquests resultats exitosos, fent referència a treballs previs menors i al Treball de 3^{er} Cicle d'A. Toselli (TOSELLI 2004), no fa més que evidenciar el fracàs dels resultats obtinguts amb les bases de dades emprades en el present treball (Arxiu B-11)¹⁷⁸. Seguint un protocol idèntic a l'esmentat i parant esment d'allò que havíem après, no hem pogut assolir resultat similars; però això ens ha perm s sucoses conclusions.

Sense por a equivocar-me¹⁷⁹, adjudico les causes del fracàs a l'elecció de l'interval de llum que vam fer per aquest present treball –recordem entre 0-120 dintre de

¹⁷⁸ Sent més curiosos a la vista dels gràfics esmentats, fins i tot paradoxalment observem com de fet la tendència "*comme il faudrait*" apareix invertida: els t xels vinculats a treball transversal m s elongats estan més a prop dels 0  i els més elongats per a longitudinal tenen tendència a 90 . L'anàlisi dels gràfics per intervals de magnitud dels t xels no aporta res de nou. Amb tot, la tendència involucra a un nombre molt petit de t xels del total del conjunt, els quals fins i tot es poden comptar amb els dits dintre del marasme de 70.000 t xels i escaix. Aix  bàsicament també significa que hi ha molt pocs t xels que destaquen per la seva elongació.

¹⁷⁹ L'afirmació rotunda ve del fet que he dut a terme les proves pertinents, malgrat que no siguin presentades en aquest treball perquè, com ja s'ha vist en els treballs que signo amb A. Toselli i J.A. Barceló, els objectius al respecte de la determinació de la cinemàtica han estat aconplerts.

l'escala de grisos de 256 valors—, el qual, malgrat haver demostrat que integra de forma prou correcta l'alteració d'ús en superfície en la seva totalitat, representa molt malament les estructures lineals que dintre seu es manifesten.

La linealitat de l'alteració d'ús en superfície és un aspecte molt circumspecte d'aquesta; perfilar-la implica dur un procés de segmentació més afinat, o més estret si es prefereix. Si la determinació de la matèria treballada es du a terme recollint les característiques implícites en tota la superfície de l'alteració d'ús, la linealitat és un aspecte que només es reflecteix en parts d'aquesta. No em sento decebut però, ans al contrari.

Valga parlar esment en la circumstància que les alteracions d'ús en superfície analitzades en els treballs d'A. Toselli eren sobre materials volcànics (TOSELLI et al. 2002), o més concretament sobre obsidians (TOSELLI 2004)¹⁸⁰. És important això en el sentit que, principalment les obsidians, són matèries primeres sobre les quals, per les seves qualitats cristal·lines, es formen estriacions de forma massiva i molt perfilades, sent fins cert punt senzill de segmentar-les com a tixel·les del seu entorn si seguim un protocol similar a l'especificat en aquest present treball (capítol 3). Amb tot, tinc la plena seguretat que treballant amb imatges d'alteracions d'ús en superfície sobre sílex, obtindríem una bona discriminació entre categories de cinemàtica si apliquéssim l'interval de lluminositat adequat per segmentar els tixel·les de tal forma que s'orientessin en funció del moviment; la plasticitat del protocol d'extracció de tixel·les i transformació en dades numèriques ho permet abastament¹⁸¹.

¹⁸⁰ Les característiques de la superfície natural d'aquestes matèries primeres, així com també la fenomenologia de l'alteració d'ús en superfície en si mateixa, ens obliguen a tenir en compte intervals de lluminositat diferent que en el present treball, sobre sílexs, per segmentar els tixel·les de les imatges. Mentre que amb el sílex l'alteració d'ús en superfície es caracteritza, normalment, per ser una àrea que adopta una major lluminositat reflectida en contrast amb la superfície natural del sílex, en el cas de les obsidians i andesites, matèries primeres en els treballs d'A. Toselli, les coses són a la inversa: és més brillant, per ser més llisa a nivell micrònic, la superfície natural de la matèria treballada i l'alteració d'ús, en estadis que no estiguin extremadament desenvolupats i s'hagin re-allisat per poliment, pren un aspecte més fosc, en ser conformada la superfície alterada per un agregament de microfractures de la superfície primera cristal·lina. Per entendre bé aquest procés de formació podem anar al ja clàssic treball de B.R. Lawn i D.B. Marshall (LAWN, MARSHALL 1979).

¹⁸¹ Vull parlar esment d'una altra conclusió que, al respecte, vam treure junt amb A. Toselli i J.A. Barceló (TOSELLI 2004; BARCELÓ, PIJOAN 2004). El moviment longitudinal va resultar ser molt més regular que el transversal en quan a l'angle —que podem equiparar a l'angle de treball de l'instrument durant el procés productiu—. Això s'explicaria perquè durant la pràctica del treball l'angle de treball per a les cinemàtiques transversals té molta més variació per la irregularitat del moviment en comparació amb el longitudinal. Fins i tot podem afegir que en els moviments longitudinals, el tall sobre la matèria treballada bursada fa de guia que fixa el tall contra la pròpia matèria treballada, homogeneitzant en conseqüència el moviment de l'eina. En la mateixa línia de raonament, es fa evident que quan la matèria treballada sigui més dura aquest fenomen es magnifica.

5- El processament amb les Xarxes Neurals. Les estructures no-lineals de les dades.

5.1 Per què Xarxes “Neurals”?: Intel·ligència Artificial enfront la ment humana.

Pot semblar obvi que el funcionament del cervell humà i d'un algorisme estadístic és força diferent. El problema és si ens referim a que aquesta diferència simplement rau en la forma externa de representació del procés o si rau en quelcom més profund, que seria el procés d'operació al complet. Afirmar una cosa o altra és ben diferent. Dir que la diferència rau en una qüestió de formes és els mateix que afirmar que tant l'ordinador com el cervell apliquen el mateix tipus d'algorisme per dur a terme el càlcul, cosa que seria elevar a l'ordinador a la categoria d'ésser pensant –que no conscient ni res més enllà–. Dir que la diferència rau en el procés d'operació al complet és dir que la diferència és total i que ens trobem amb dues formes diferents d'anàlisi amb característiques definitòries diferents. Avui en dia sembla ser que aquesta segona – deixem-ho en hipòtesi– és la més acceptada per tots els neurobiòlegs¹⁸².

Quan passem a parlar de les diferències entre un cervell humà i una Xarxa Neural Artificial el consens –o gairebé consens– sobre el tema sembla no ser tal, i algú pot arribar a equiparar fins i tot –depenent del seu nivell de gosadia– el funcionament d'un sistema i altre en la major part dels aspectes. Val a dir que cada dia serien menys aquests, però aquesta pretensió de representar un sistema informàtic que funcionés tal qual fa un cervell humà fou el que va donar cos i nom als primers estudis i implementacions de Xarxes Neurals Artificials.

Com he dit avui en dia gairebé ningú afirma que una Xarxa Neural és equiparable a un cervell humà. Potser val a dir que una de les raons és que tampoc és té una idea clara en absolut de com funciona un cervell humà, però l'altra també és que per allò que sí se sap les diferències són suficients i prou essencials. Per saber bé a què ens referim parlarem primer una mica de com és el funcionament del cervell humà per passar després al de la Xarxa Neural Artificial. Hom podrà considerar sobrer les

¹⁸² Valga dir que, més enllà de la manera de raonar “científica”, el raonament humà per a situacions quotidianes molt a sovint encara dista més de la “intel·ligència”. Està certificat en desenes de testos com certs prejudicis cognitius assumits en la conducta social condueixen a errors a l'hora de resoldre problemes en principi simples, així com també el pes de la semàntica en els missatges. Una obra que presenta d'una manera “divertida”, no gensmenys seriosa, aquesta problemàtica és *Los túneles de la mente* de l'italià M. Piatelli (PIATELLI 1995).

referències a la biologia del cervell, però la meua intenció és que ajudin a comprendre el per què de l'analogia entre cervell humà i les xarxes neurals de la Intel·ligència Artificial.

En el capítol 2 he parlat dels aspectes que feien referència a la percepció i que ens interessaven tenint en compte el sentit d'aquest treball present. La percepció és en tots els aspectes un procés cerebral, però en aquest capítol insistirem més en el poc que se sap de com opera el cervell a nivell més biològic i en el procés d'allò que se'n diu raonament i càlcul dut a terme pel propi cervell.

Partint des d'un punt de vista biològic el cervell resulta ser un element peculiar dintre del propi cos, respecte dels altres òrgans que el conformen. Tot i això val a dir que la complexitat interna del propi cervell és alta i es poden arribar a distingir diferents parts (Figura 5·1) de les quals el còrtex cerebral és la que més ens interessa ara, al ser la sospitosa principal d'executar els processos de percepció i càlcul.

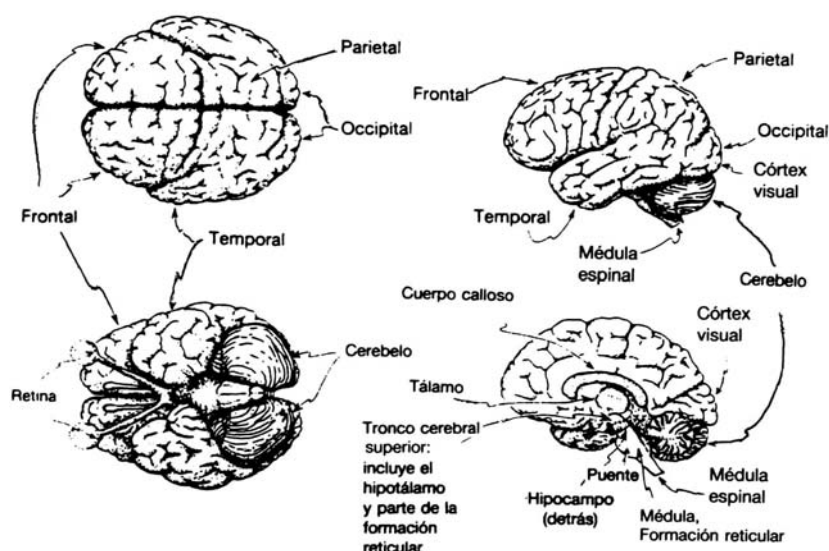


Figura 5-1 – El cervell humà en perspectives superior, lateral, inferior i central. Extret de (PENROSE 1991: 464)

Dintre del còrtex cerebral podem distingir diferents regions en funció de l'especialització que té cadascuna d'elles pel que fa al desenvolupament d'una tasca concreta (Figura 5·2)¹⁸³. Precisament una d'aquestes àrees s'encarrega del processos de captació visual i el seu preprocessament; és el còrtex visual, situat en la part posterior

¹⁸³ Malgrat això caldria dir que l'especialització és per dir-ho d'alguna manera "relativa", donat que totes les neurones del còrtex cerebral són plenament capaces d'assumir les funcions d'una altra zona, fet que s'ha comprovat en casos de lesions cerebrals. En aquests casos s'ha comprovat com els individus lesionats al principi perdien les capacitats per poder dur a terme una tasca relacionada amb les funcions motores o de raonament de l'àrea del cervell danyada, però amb el temps es recuperava aquesta funció gràcies a que alguna altra àrea del cervell assumia les funcions de l'àrea danyada.

del cervell. Amb tot formen un conjunt de cèl·lules nervioses –neurones– que connecten amb la retina de l'ull, considerada també com a part conformant del cervell.

Es força conegut com el cervell humà tracta la llum percebuda i la seva imatge captada en la retina, donant-nos un model global d'allò que és la realitat. El procés de percepció és més aviat el procés de virtualització que fa la ment a partir de la Realitat.

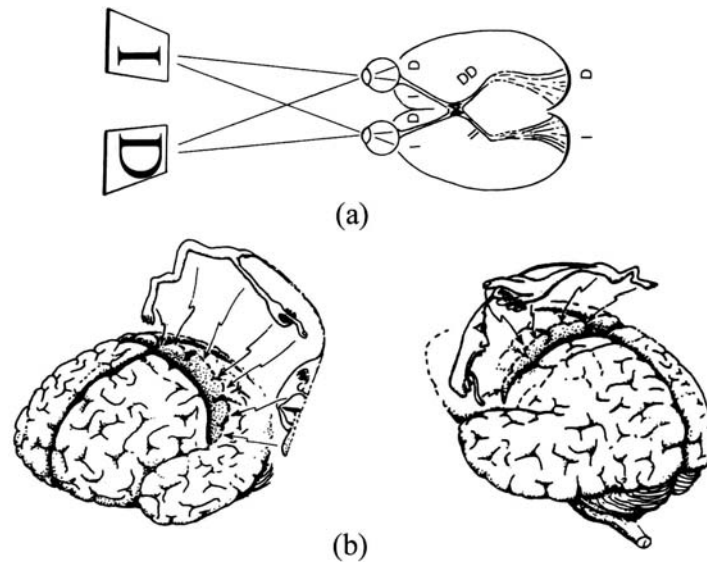


Figura 5-2 – El costat esquerre del camp visual dels ulls es projecta al còrtex visual dret i el costat dret al còrtex visual esquerre (a). L'homuncle somato-sensorial il·lustra gràficament les porcions del cervell que estan implicades en el sentit del tacte per les diferents zones del cos (b, esquerra); l'homuncle motor il·lustra les porcions del cervell que tenen més rellevància en l'activació dels moviments de les diverses parts del cos (b, dreta). Figura extreta de (PENROSE 1991: 465, 466 i 467).

Tenint en compte el volum que representa la informació de tipus visual en el total de la informació del cervell supera amb escreix el 80%. Així, aquesta informació condiona la major part de processos de decisió que pren el cervell davant de situacions diverses.

L'estructura del cervell es podria resumir en tres tipus de regions:

- Primàries; encarregades de funcions sensorials i motores que donen informació a les regions
- secundàries; encarregades d'un preprocessament de la informació sensorial per passar aquesta a les regions
- terciàries; encarregades del processament de la informació darrera i de la decisió a prendre dependent de la natura de l'estímul. Aquesta darrera decisió arriba en forma d'ordre a les regions primàries i el procés de trànsit torna a començar.

Tot aquest procés s'alimenta a partir d'un flux d'energia elèctrica de baixa intensitat combinat amb un procés de reacció química. Un procés i altre funcionen per un mecanisme de retroalimentació constant. És ara quan hem de passar a parlar de la neurona.

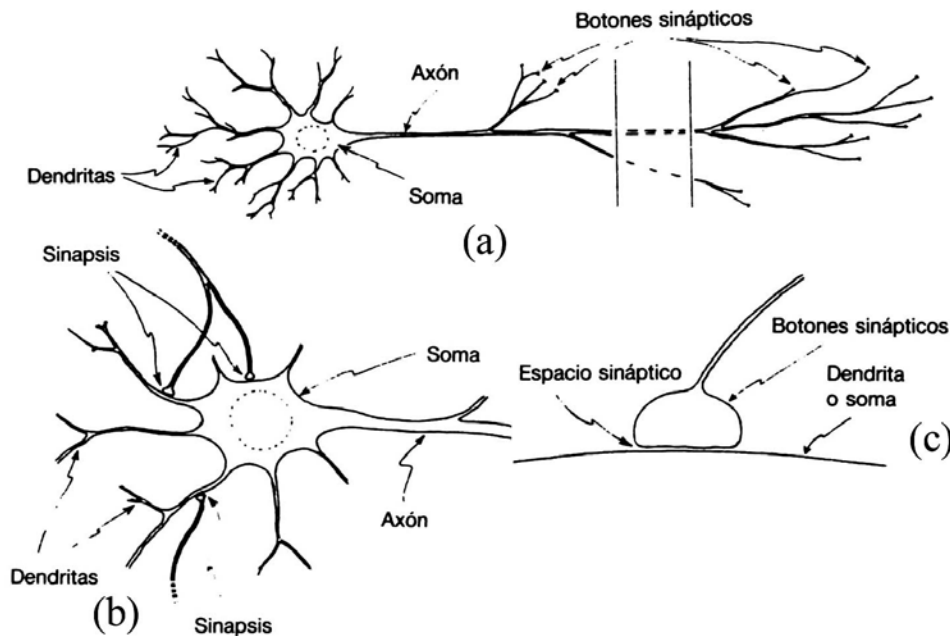


Figura 5-3 – Estructura de la neurona a tres nivells amb les parts i contactes sinàptics. A (a) podem observar la neurona a gran escala; les línies discontinuades representen una llargària de 5 a 7 cm. . A (b) es veu la forma en què connecten els botons sinàptics a la cèl·lula i a (c) aquesta connexió al detall. Observem a (c) com el contacte no és total; entre el botó sinàptic i els cos de la neurona hi ha un espai buit, on es produeixen les reaccions químiques que desencadenaran el circuit elèctric.
Figura extreta de (PENROSE 1991: 482 i 483)

La neurona és la cèl·lula conformant tant del cervell com de tot el teixit nerviós del cos. Les seves característiques físiques, així com el seu funcionament, difereixen absolutament del de les altres cèl·lules del cos. La seva estructura (Figura 5-3) la podem definir conformada per les següents parts:

- **Soma:** el cos central de la cèl·lula, amb el seu nucli al centre.
- **Dendrites;** són una espècie de ramificacions al voltant del soma que són les que porten al soma les dades *inputs* procedents d'altres neurones.
- **Axó;** és una llarga fibra nerviosa de varis centímetres de llargada per la qual la neurona transmet la resposta *output*. Per tota la seva longitud es reparteixen una sèrie de bifurcacions –terminals axònics– que acaben en el botons sinàptics.

- **Botons sinàptics**; els botons sinàptics són els que transmeten a d'altres cèl·lules aquesta resposta *output* de la neurona –que serà dada *input* per la següent neurona contactada– a partir del mecanisme de la sinapsi¹⁸⁴.

La sinapsi es du a terme amb la quasi-unió d'un botó sinàptic amb una altra neurona –bé contactant amb el soma o una dendrita–, deixant entre les dues un espai mínim –espai sinàptic– d'una amplada d'entre 50 a 200 ångströms. El mecanisme de la sinapsi funciona –com fèiem referència unes línies més endalt– a partir d'un procés elèctrico-químic combinat. Aquest procés comença per un senyal elèctric que té l'origen en el soma de la neurona i que és transportat al llarg de l'axó fins als botons sinàptics – terminals axònics– on es transforma en un senyal de tipus químic, duta a terme a partir d'unes substàncies transmissores anomenades “neurotransmissors” que flueixen per entre l'espai sinàptic.

La generació dels senyals elèctrics està relacionada amb la composició de la membrana cel·lular de la neurona. La neurona es capaç de mantenir dintre seu un líquid d'una composició que és molt diferent a la del líquid exterior a ella. Aquesta diferència es resumeix a grans trets en la relació entre la concentració d'ions de sodi i d'ions de potassi. El medi extern és unes deu vegades més ric en sodi que l'intern, mentre que l'intern –a la inversa– és deu vegades més ric en potassi que l'extern. Aquesta diferència de concentració en ions d'un i altre element a cada banda de la membrana produeix una diferència de potencial d'aproximadament uns 70 milivolts, negativa a l'interior de la cèl·lula. Seria aquest el “potencial de repòs” de la neurona (Figura 5·4).

L'arribada de senyals procedents d'altres neurones a través de les dendrites –recepció de neurotransmissors– actua acumulativament, baixant lleugerament el valor del potencial de repòs. Aquest potencial de repòs modifica la permeabilitat de la membrana, de tal forma que quan arriba a un cert valor crític comença una entrada massiva d'ions de sodi que inverteixen la polaritat de la membrana (Figura 5·4).

La inversió del voltatge de la cara interna de la membrana tanca el pas als ions de sodi i obre el pas als ions de potassi fins que es restableix el potencial de repòs. La inversió del voltatge com a “potencial d'acció” –enfront del potencial de repòs– es propaga al llarg de l'axó i provoca alhora l'emissió de neurotransmissors en els botons sinàptics dels terminals axònics (Figura 5·4).

¹⁸⁴ Com un apunt a remarcar, els botons sinàptics es poden donar en certes ocasions en les ramificacions dendrítriques, donant un tipus de sinapsi especial entre dendrites.

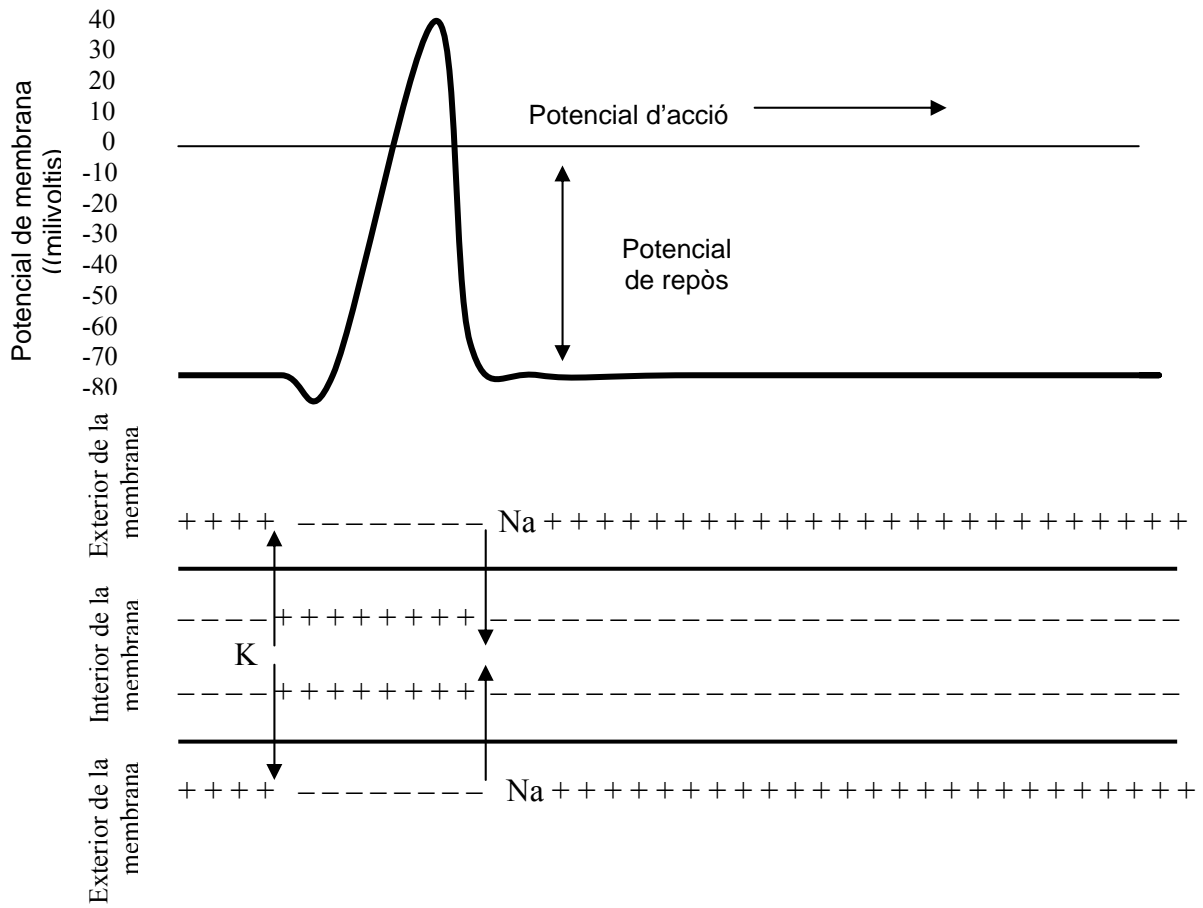


Figura 5-4 – Mecanisme de funcionament físico-químic de la neurona.

Existeixen dos tipus de sinapsis; les sinapsis excitadores –els neurotransmissors de les quals provoquen disminucions de potencial en la membrana de la cèl·lula postsinàptica, facilitant la generació d'impulsos a una major velocitat– i les sinapsis inhibidores –els neurotransmissors de les quals tendeixen a estabilitzar el potencial de la membrana, dificultant l'emissió d'impulsos. Gairebé totes les neurones reben entrades dels dos tipus de sinapsis, estant a tot hora algunes d'elles actives i d'altres en repòs. La suma dels efectes de caire excitador i inhibidor determinarà si la cèl·lula serà o no estimulada; és a dir, si emetrà o no una sèrie d'impulsos i a quina velocitat.

Així, amb aquest procés –amb aquesta representació material– es com treballen les neurones –el cervell– per crear entre d'altres moltes coses allò que qualifiquem raonament i la seva vessant més exacta del càlcul; però la cosa no resulta tan senzilla. Sabem d'una forma inequívoca que aquest procés físico-químic és el generador del raonament i que aquesta és la forma per la qual dintre del cervell es mou la informació base amb la qual es treballa. Identifiquem també àrees especialitzades en una o altra funció. Però no tenim gaire idea realment de com es du a terme el pas del senyal elèctric

i químic a la idea com a tal. Dit d'una altra manera, no tenim les claus del llenguatge de representació de les senyals als missatges.

Vist això, pot resultar problemàtic de fer analogies entre el funcionament del cervell humà –amb la seva xarxa neural “natural”– i les Xarxes Neurals “cibernètiques”. Cal afegir a més que amb el que s’ha avançat en el coneixement del funcionament de les neurones humanes avui dia en comparació a allò que es sabia quan va néixer el plantejament del seu model analògic cibernètic, les diferències s’han incrementat i són més de les que es creia (BARCELÓ 1996b: 35).

Una primera diferència òbvia és la confusió que hi ha entre les funcions cognitives, motores, sensitives i de control dintre el cervell humà. ¿On podem crear una frontera entre aquests aspectes?; per molt que hi hagi zones especialitzades en funcions concretes –malgrat que veiem que podia haver una adaptabilitat mitjanament fàcil a d’altres funcions– el resultat de tot el procés mental s’integra en un circuit unificat –en darrera instància– d’informació, processament i acció¹⁸⁵.

Pel que fa a un aspecte molt abstracte del funcionament cerebral, avui en dia es comença a refusar per simplista i incompleta la tesi que la ment és un mecanisme de còmput que processa símbols a través d’unes regles. El fenomen de la cognició resulta ser quelcom molt més complex. No és incert que en la mesura que el coneixement inclou la presència de regularitats semàntiques com les inferències i en la mesura que considerem que el coneixement és una computació, hem de considerar el coneixement una computació sobre símbols. Es té en compte però una visió més global de la arquitectura mental, sense negar l’aspecte computacional més pur apuntat anteriorment. En l’estudi de la cognició cal considerar els diferents aspectes del sistema total, incloent-hi les parts tant internes com externes del subjecte que coneix. Entre els aspectes interns entrarien el coneixement, els mecanismes de processament, les regles, les estratègies i els mecanismes de control. Entre els externs, als quals vull donar un relleu, estarien l’ambient, la societat, cultura i tota la interacció que es pugui donar entre ells. L’arquitectura de la ment està condicionada –més aviat podríem afirmar “determinada”– de forma ineludible per aquest tipus de factors. Evidentment en un computador aquests elements estan totalment absents; el computador no és un ésser viu social en cap aspecte.

¹⁸⁵ Això no treu que els processos psíquics estiguin basats en la contradicció. Les diferents escoles de la Psicoanàlisi han parlat molt sobre el tema, però en aquestes línies ens referim més en els procediments de raonament cognitiu que intenten trobar la resolució d’un problema.

Des del supòsit present es posa en dubte que la intel·ligència depengui simplement de la capacitat de manipulació de símbols. En la intel·ligència hi ha aspectes que apunten al raonament estricte lògic i lineal tal com l'entendem. Malgrat aquest es queda curt per donar un sentit equiparable al pensament intuïtiu i creatiu, en l'activació del qual entrarien processos d'adquisició d'informació de forma no-conscient. El nostre sistema de processament no conscient de la informació sembla ser molt més capaç que el conscient per processar estructures complexes de coneixement de forma més ràpida i hàbil. Tenint en compte aquesta “inconsciència”, no costa d'entendre que els mecanismes cognitius que hi intervenen romanen desconeguts, però se sap del segur – pel que donen a entendre els processos d'aprenentatge que s'evidencien i que sí són coneguts per la conducta– que no es tracta d'una lògica lineal¹⁸⁶.

Físicament, una de les grans diferències que es troben entre el model real i l'analògic –relacionat en part a l'esmentat en el paràgraf anterior–, està en el fet de la “plasticitat cerebral”. Aquesta es tracta de la capacitat del cervell per modificar la posició de les seves sinapsis amb d'altres neurones. És aquest un fenomen que, es creu, permet la readaptació i l'emmagatzematge de nova informació d'una forma econòmica. Podem dir que les neurones són les mateixes durant tota la vida i que l'únic que canvia són les connexions que aquestes realitzen. Alguns especialistes han inferit d'això, amb poc marge per l'error, que la vertadera natura del raonament i del funcionament actiu en general del cervell rau precisament en la forma que prenen les connexions entre les neurones –molt més que en les neurones mateixes–. La nova informació s'emmagatzemarà en les neurones d'una forma molt més econòmica que la corresponent a les primeres observacions, donat que la major part de la informació de les noves observacions està compartida amb les de les primeres informacions –en ser idèntica– i emmagatzemada en les mateixes neurones. També a mesura que el cervell pren experiència i comprèn amb què tracta, reorganitza la informació de la forma que li resulta més òptima, emprant el màxim d'informació en el mínim espai possible¹⁸⁷.

¹⁸⁶ En les anàlisis de traces d'ús també aprenem per repetició d'observacions. Inconscientment, anem associant recurrències i diferències i acabem distingint entre usos. En cadascuna de les experiències es produeix un error, el qual s'intenta corregir a partir d'una avaluació hipotètica; si es dona el cas que aquesta segona aproximació és errada, torna a engegar el mateix mecanisme fins que el cervell percep que encerta. Aquesta manera d'operar ha generat el concepte cibernètic de “sentit comú”, que es materialitza en la seva aplicació per la intenció de dissenyar robots que mitjançant processaments extremadament ràpids siguin capaços primer d'avaluar i després de corregir errors en els moviments que executen.

¹⁸⁷ Aquest mecanisme de readaptació de la informació és el que vol simular l'algorisme de retropropagació de les xarxes neurals cibernètiques.

Si les diferències entre les Xarxes Neurals Artificials i els cervells humans són talment s'explica, podríem preguntar-nos què és allò que ha dut a fer l'analogia entre els dos models. Deixant a banda que avui dia ja sabem que l'analogia és agosarada, encara alguns autors podrien afirmar una sèrie de punts de coincidència del model artificial amb el biològic que per a ells semblen resultar certes. Seguint aquesta creença, en el cas del funcionament de la Xarxa Neural Artificial el llenguatge no canvia gaire, prenent bona part del vocabulari del model analògic emprat de la biologia. Malgrat tot, convinguem que el mal vici en el llenguatge no ha de comportar que els usuaris creguin que l'analogia existeix¹⁸⁸.

5·2 El funcionament de les Xarxes Neurals de la Intel·ligència Artificial.

Des d'un punt de vista ben prosaic, definiré les xarxes com una tècnica estadística basada en regressions lineals i que és capaç de trobar i definir relacions quan els mètodes usuals no poden donada la quantitat de soroll o de variació no controlada. L'altre pilar en què es fonamenta és la capacitat del sistema per emmagatzemar la informació d'una forma associativa i de dur càlculs de forma paral·lela simultània.

Allò que s'ha anomenat "memòria associativa" s'inspira en l'emmagatzematge de la informació com es realitza per part dels humans. Els conceptes i fets emmagatzemats en la memòria són construccions fetes a partir de l'associació de diferents neurones i diferents conceptes i fets poden compartir part de les neurones que les configuren depenent de la similaritat que presentin i distingir-se en part o la totalitat de les neurones depenent de com es distingeixen. Les neurones s'activaran o desactivaran depenent de com l'estímul rebut –introduït dintre dels sistema– s'adapta en similaritat a la informació recollida dintre de la neurona. La neurona s'activarà en ser necessària la informació que aporta per la conceptualització i categorització del nou objecte percebut en el cas del cervell, introduït dintre del sistema computacional. Com exemple per a les traces d'ús tenim el presentat en la figura 5·5.

Aquesta forma d'emmagatzemar la informació fa que el sistema sigui molt resistent en quan sofreix danys. Al tenir la informació repartida en diferents neurones, el danys soferts en unes poques, malgrat afectar òbviament al funcionament òptim del sistema, no provoca la seva caiguda en picat.

¹⁸⁸ Cal aclarir però que altres especialistes en cibernetica directament han optat directament per evitar la denominació Xarxes Neurals per una que refereix més aviat al sistema matemàtic, de sumatoris múltiples.

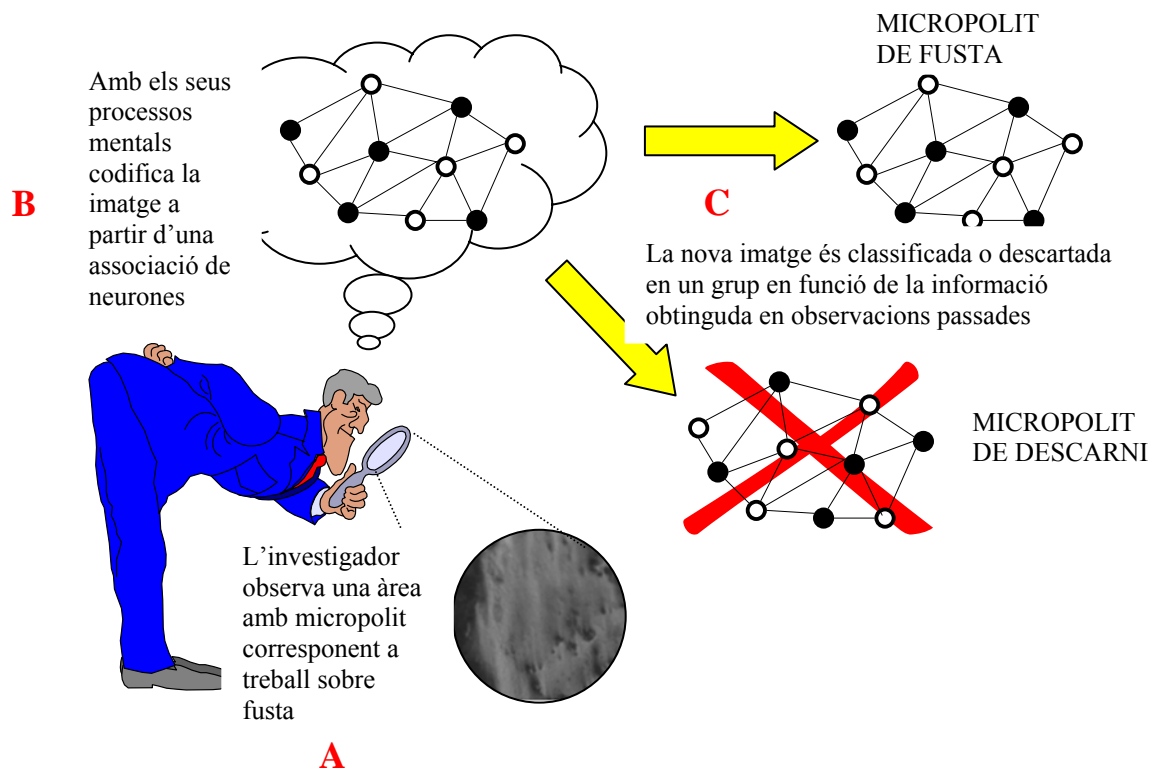


Figura 5-5 – Mecanisme de la memòria associativa en les anàlisis de traces d'ús
 Inspirat en (BARCELÓ 1996b: 37)

Per altra banda, aquest sistema de funcionament és en el que es basa la capacitat d'“aprenentatge”. Després de passar un procés d'entrenament, on els enllaços de les neurones s'ajusten de forma d'obtenir uns resultats específics, amb el temps el sistema, davant l'entrada d'un nou *input*, recorre a la informació emmagatzemada i classificada anteriorment i estarà capacitat per classificar-lo i reconèixer-lo dintre d'una categoria. El sistema, gràcies a que categoritza al nou element mitjançant informació emmagatzemada en diferents neurones, classificarà al nou *input* d'una forma flexible i aproximativa, depenent de les neurones que s'hagin activat o no en la seva classificació que són les necessàries per considerar a un individu d'aquella categoria concreta.

El sistema dirà que un individu x és de la categoria X en una probabilitat % depenent del nombre de característiques generals present, és a dir requisits recollits en diferents neurones hagi aconseguit.

Depenent del seu mecanisme d'aprenentatge, tenim dos tipus de xarxes neurals: (1) supervisades i (2) no-supervisades.

En les primeres es coneixen els valors d'entrada per part de la xarxa, i així quina hauria de ser la seva assignació òptima com a *output*. El sistema intentarà fer tot el possible per dur a terme la classificació correcta, comparant entre els casos amb la

mateixa assignació i generalitzant entre ells les característiques que els uneixen i alhora distingeixen dels ítems d'altres grups. És aquest un aprenentatge guiat, on al sistema se li informa quina és la correspondència entre *outputs* i *inputs* inserits i se'l comina que trobi les semblances/diferències entre els *inputs* en funció d'aquesta correspondència. Sabent les respostes correctes, el sistema troba les semblances entre els conjunts de dades.

En les segones la xarxa sol opera a partir de la descripció dels *inputs*, trobant en aquests semblances i diferències. Posteriorment farà les agrupacions que creu són les correctes en funció d'aquestes recurrències.

Tot dos tipus de xarxa operen mitjançant el mateix mecanisme de generalització i sols varia la natura de la informació inserida i a partir de la qual treballa. Dit en altres paraules; el criteri per separar classes es semàntic en el supervisat –relacionat amb el problema concret– i sintàctic amb el no-supervisat –basat en principis generals de variabilitat dins de la classe.

Allò que també està relacionat en què és un sistema amb capacitat d'aprendre és la capacitat de readaptació de la informació a partir dels nous casos coneguts que van entrant com a *inputs* del sistema, a la recerca de millorar les classificacions que es facin. Pel sistema manen les característiques de les dades per fer les lleis de classificació que les agruparan i no unes lleis prèvies que es fiquen per sobre de les dades per classificar-les –com seria el cas de l'estadística, on una base de dades es classificada mitjançant l'aplicació d'uns algorismes sense tenir en compte res de les dades i de forma mecànica i lineal–. El sistema, per altra banda, organitza la informació de forma jeràrquica i de la forma més òptima per a un funcionament més eficient. Això és el que s'anomena “auto organització”¹⁸⁹. A mesura que va classificant individus, intenta afinar la classificació en la mesura d'allò possible i de la informació disponible. El sistema pren “experiència”.

Allò que també gaudeix la Xarxa Neural és una alta capacitat per eliminar la informació redundant –eliminar soroll–, que seria o bé informació sobrant per a la classificació o simples elements que tenen l'origen en l'aleatorietat. El sistema es fixa en aquella informació que li és útil i òbvia la inútil, donat que els sistema de funcionament es basa en la recerca d'ocurrències i variabilitats rellevants entre els

¹⁸⁹ Tornant a l'analogia, recordem l'exemple –biològic– de les traces d'ús emprat quan explicàvem la plasticitat cerebral. La informació es va readaptant d'una forma el més econòmica possible a nivell d'emmagatzematge. La forma que pren és conceptual i jeràrquica.

casos. El sistema té una àmplia capacitat de generalització, així com òbviament d'ignorar les particularitats molt localitzades. Això es el que li facilita la decisió en quan es troba nous casos –nous *inputs*.

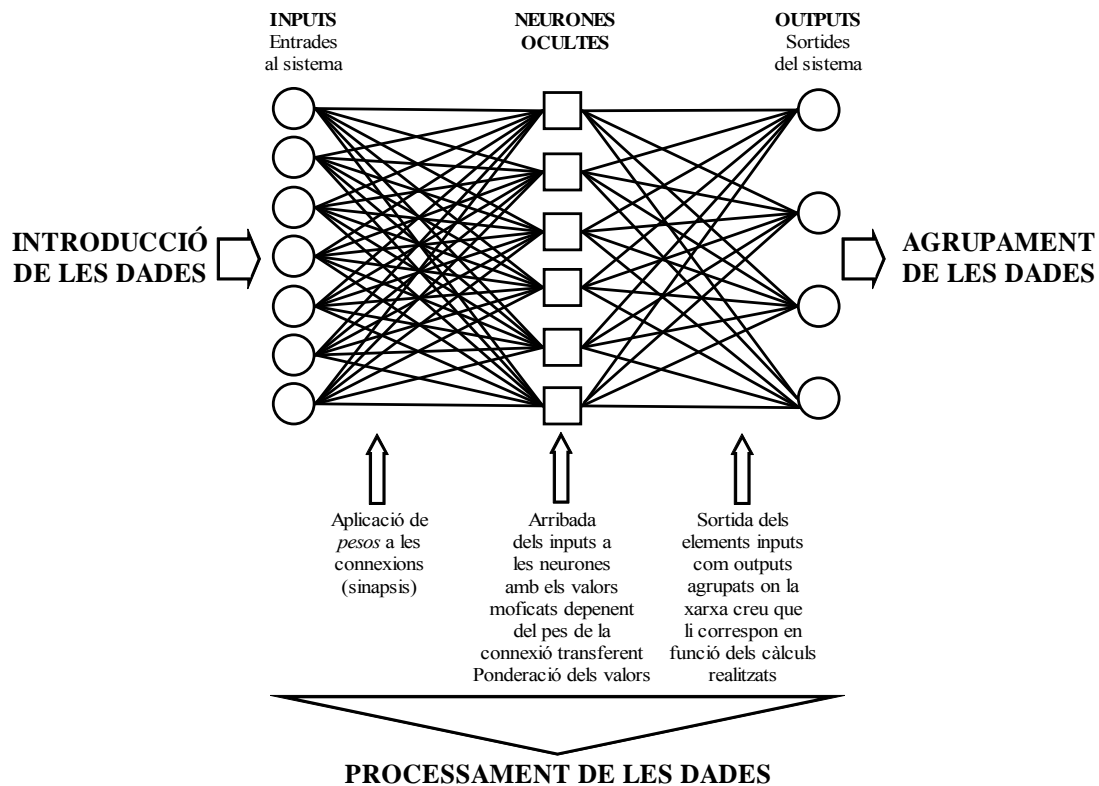


Figura 5-6 – Mecanisme de funcionament general d'una xarxa neuronal.

Una xarxa neural artificial integra un algorisme de funcionament: l'algorisme d'aprenentatge¹⁹⁰. Vist això, llavors seria fals dir que en la configuració d'una Xarxa Neural Artificial cap tipus d'algorisme no pren part. L'algorisme d'aprenentatge és l'utilitzat en la fase primera d'entrenament del sistema, però aquest no pren un paper més que en els reconeixements primers –sols a nivell de lectura de la informació inserida en la dada– i anirà perdent importància a mesura que el sistema vagi tenint prou casos per poder fer les determinacions a partir de les classificacions fetes a partir d'aquests. Aquests algorismes són diferents dependent del tipus de xarxa amb què tractem i sí que determinen però els resultats i tota l'estructura de les dades *output* com ens serà donada. Són de caràcter no-lineal, fet que implica que les dades seran tractades no de forma unívoca, tenint en compte en ells certs valors variants introduïts de forma

¹⁹⁰ Un algorisme per definició és una funció recursiva. Fins aleshores, pel que fa al cervell encara no s'ha comprovat aquest funcionament algorísmic de cap manera. Els circuits del cervell no implementen informació recursiva, així no són algorísmics. Degut a problemes d'estabilitat, plasticitat cerebral, els circuits neurals no poden construir definicions recursives de funcions com en la computació digital.

oportunista. Tracten diferents tipus de variabilitat cadascun d'ells, depenent de com l'entenen. Uns o altres ens poden arribar llavors a ser més o menys útils depenent de quin tipus de variabilitat tinguem en el nostre cas d'estudi. La variabilitat òbviament també dependrà de l'estructura que hagi pres la base de dades com a tal.

També en l'activació de les operacions de càlcul s'ha de tenir en compte l'entrada d'un altre factor que hom podrà considerar problemàtic si és deutor de la fe de la determinació: l'atzar. Davant del desconeixement de la xarxa neural sobre què és allò que tractarà i com classificar-ho, la primera adjudicació dels pesos dels nodes abans de la primera retropropagació serà feta sota un principi d'aleatorietat –vulgarment i suspicax, hom diria a la babalà–. Amb tot, el màxim problema que això ens pot causar és que dos experiments amb les mateixes dades i amb una xarxa d'ídèntica estructura pot donar resultats lleugerament diferents; insisteixo, “lleugerament”, doncs el global acabarà sent aproximadament el mateix¹⁹¹.

Els “pesos” són ponderacions –atenuades o amplificades–, valorades a través d'un paràmetre i que s'aplicaran sobre l'*input* al seu pas pel node corresponent (Figura 5·7). Tenint en compte que l'*input* transcorre per diferents nodes i que cada node aplica sobre ell un pes diferent, l'*input* es veurà modificat diferencialment a cada node, cosa que comportarà la seva assignació a un *output* donat. En aquest punt es calcula l'error de la classificació i es realitza una reassignació dels valors dels pesos en funció de l'error, assignació ara en absolut aleatòria, i es torna a executar una nova temptativa de classificació.

Els senyals d'entrada subsegüents poden excitar a la neurona –node amb pes positiu– o inhibir-la –node amb pes negatiu–. L'efecte és la suma de les entrades ponderades. Si la suma és igual o major que el llindar de la neurona, llavors la neurona s'activa (Figura 5·7). Aquesta és una situació a tot o res; cada neurona s'activarà o no ho farà.

Caldria apuntar que existeixen dos tipus de xarxes; les “localitzades”, en les quals les neurones s'especialitzen en la representació d'un tipus d'informació, i les “distribuïdes”, en les quals totes les neurones estan capacitades en representar qualsevol tipus d'informació mitjançant els valors d'una funció matemàtica que avalua la

¹⁹¹ Consideri el lector lliurement a partir dels seus coneixements sobre neurobiologia i psicologia cognitiva si aquest principi d'atzar té alguna similitud amb el procediment que la ment humana emprava en una primera instància d'aproximació a una problemàtica desconeguda: potser les cares de passerell que hom perfila en un ambient nou i desconegut responen a aquesta forma d'avaluació precària. Val a dir però, això segur, que els humans aprofitem coneixement d'altres àrees i quan no prejudicis per aproximar-nos a problemes desconeguts.

importància de cadascuna de les neurones i de cada connexió en la representació d'aquella unitat d'informació. En lloc d'un conjunt de regles de funcionament que actua sobre les dades, una xarxa disposa d'un gran nombre d'elements simples de processament –les neurones mateixes– interconnectats. Cada connexió està associada a un pes –valor numèric– que marca la seva importància en la xarxa en relació a la seva capacitat d'influència a la classificació darrera. Les neurones es comuniquen entre si transmetent una resposta numèrica a totes les unitats amb què connecta. Aquest valor està determinat a la vegada pel grau d'activació de la neurona, que és una funció monòtona dels estímuls rebuts de les neurones veïnes.

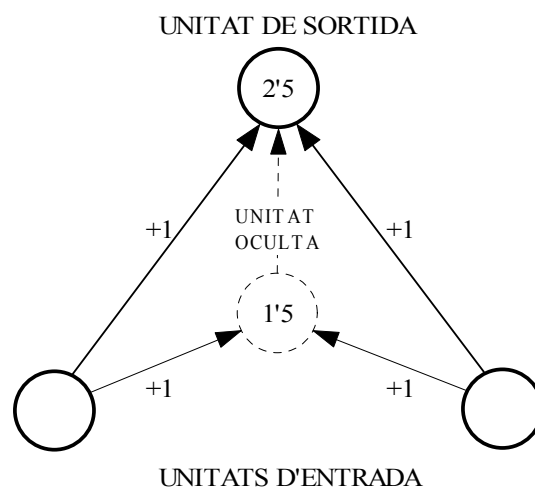


Figura 5-7 – Esquema de funcionament de l'assignació de pesos i activació de neurones. Extret de (BARCELO 1996b: 38)

Cada neurona és una unitat primària de càlcul que opera a partir dels estímuls rebuts a través de les connexions amb la resta de la xarxa. No hi ha una equiparació en la forma de tractar aquests estímuls, donat que les connexions per les que són transmesos tenen importància desigual. Cada connexió contribueix amb un estímulo, la magnitud del qual iguala al valor de la resposta donada per aquella neurona; la neurona du a terme una suma ponderada de tots aquests estímuls per definir el seu grau d'activació. Així sabrà si resultarà activada o no pel conjunt d'estímuls rebuts, depenent del nivell que assoleixi aquesta quantitat d'estímulo rebut i en cas de ser activada la neurona generarà una resposta.

Es denomina “funció de transferència” la correspondència o funció que associa un estímulo donat a un nivell particular d'activació de la neurona. Una forma de dur a terme aquest càlcul és multiplicant cada estímulo per la mesura de la importància de la

connexió a través de la qual arriba, sumant posteriorment de forma algebraica tots els estímuls que arriben a una neurona. L'aprenentatge en la Xarxa Neural Artificial consisteix en la capacitat de readaptar els pesos per donar una resposta adequada.

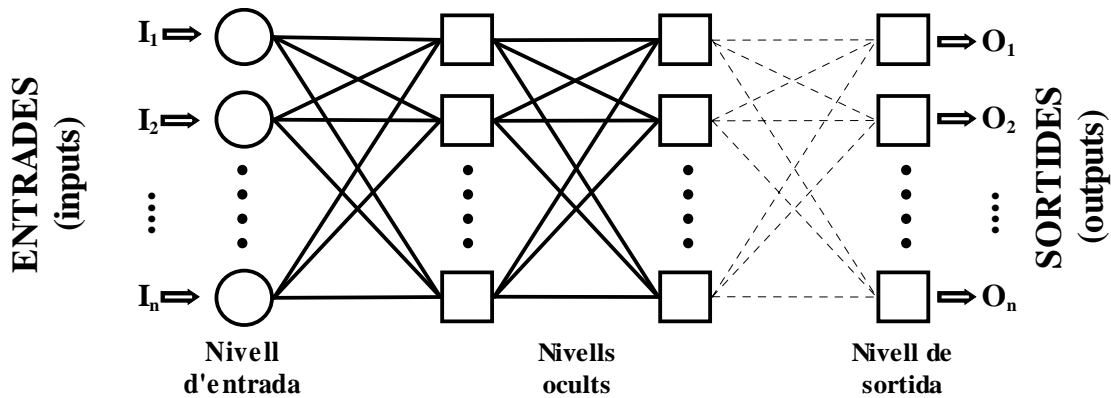


Figura 5-8 – Funcionament d'una xarxa multicapa amb connexions cap endavant.
Inspirat en (HILERA, MARTÍNEZ 1995: 67).

Hem vist com aquests elements entren en interacció dintre del sistema. Ara, caldria recordar que les neurones es distribueixen dins la xarxa en diverses capes que per la seva situació es poden dividir en tres tipus:

- Capa de entrada; la que rep directament la informació *inputs* que prové de fora la xarxa.
- Capa/es oculta/es; poden ser una o vàries dins el sistema i són internes a la xarxa sense tenir contacte directe amb l'exterior. La interconnexió –o estructura– entre les neurones –o nodes– pot ser diversa i essencialment d'això dependran els resultats finals que obtinguem.
- Capa de sortida; que és en la que es palesen els resultats.

Aquesta és l'estructura bàsica de la xarxa. Evidentment a efectes pràctics es pot complexitzar molt més (Figura 5-8).

La connectivitat entre els nodes d'una xarxa té una relació directa amb la forma en què les sortides estan canalitzades per convertir-se en entrades d'altres nodes, en passar els *inputs* d'una capa a una altra o a si mateixa. Quan cap de les sortides dels nodes és entrada de nodes del mateix nivell o un de precedent, s'anomena a la xarxa del tipus de Propagació Cap Endavant, com és el cas de la representada en l'esquema anterior. Quan les sortides poden ser connectades com entrades de neurones de nivells

previs o del mateix nivell, incloent-se a si mateixes, s'anomena a la xarxa del tipus de "propagació cap endarrera" (Figura 5-9).

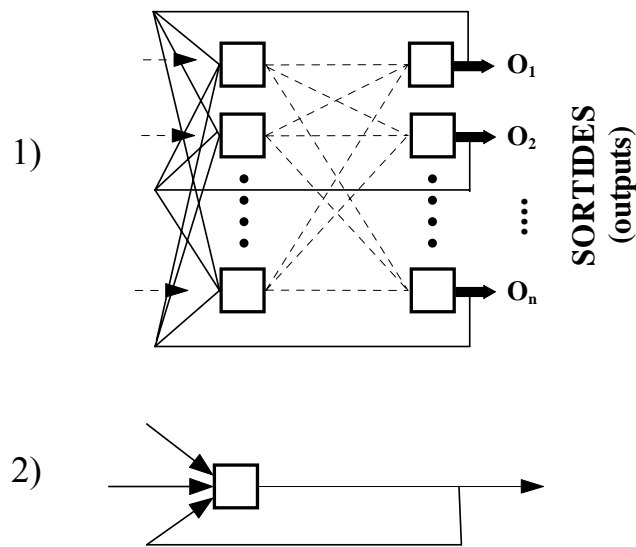


Figura 5-9 – Funcionament d'una xarxa multicapa amb connexions cap al darrere; amb retropropagació a nodes de capes anteriors (1) i amb retropropagació sobre la mateixa capa (2). Inspirat en (HILERA, MARTÍNEZ 1995: 68)

És en la capa oculta on es duen a terme tots els càlculs. Les neurones d'entrada són els elements dels que s'alimenta el sistema i les neurones de sortida les que simplement reben el resultat. La configuració o estructura de la xarxa és la que ens donarà la forma d'operar general del sistema i determina els tipus de resultats que de fet ens doni. La tasca de la xarxa és la de calcular els valors correctes d'activació de les neurones ocultes que posin en correspondència els estímuls amb les respostes. De les neurones d'entrada a les neurones ocultes, l'estímul extern es traduït en termes de la representació interna que es específica i particular a aquella xarxa. Al passar de les neurones ocultes a les neurones de sortida, aquesta representació es traduïda una altra volta en termes del resultat esperat. Així, l'esquema de connexions i funcions de transferència de cada xarxa concreta és un codi intern que guardarà les instruccions que permetran associar en casos posteriors aquell estímulo a aquella resposta.

El conjunt de valors numèrics que representen aquest esquema d'activació no ha estat programat, sinó que la xarxa l'aprèn mitjançant la generalització sobre diversos exemples, que són els *inputs* del sistema. Aquest aprenentatge es du a terme variant les connexions entre les neurones depenent d'una llei d'aprenentatge específica, fins que l'estímul presentat provoqui en la xarxa la resposta esperada.

Caldria ara que explicitem perquè totes aquestes característiques de les Xarxes Neurals Artificials fan que sigui un sistema idoni per enfrontar-nos a la problemàtica del nostre projecte. Tot es basa en la forma i complicació que pren la variabilitat de la fenomenologia de les traces d'ús, o dit d'una altra manera de la complexitat del procés de formació dels atributs de les traces d'ús.

Hem parlat anteriorment de com es formaven les traces d'ús (veure subcapítol 2.1.3). Recordem que per una banda parlàvem d'unes variables o factors formatius i d'uns atributs de les traces d'ús. La descripció d'aquest procés es pot dur a terme sota la perspectiva d'interrelacions entre unes variables independents i d'unes variables dependents.

També comentava que els problemes comencen quan a sobre d'aquestes variables essencials i controlables se'ns apareixen d'altres variables –factors– que també condicionen l'aparició de les traces d'ús i que creen un immens soroll en quan resulten ben incontrolables, fins i tot des d'un punt de vista experimental. Són factors no essencials determinants, però dels quals no podem negar que tinguin una influència en el procés de formació, entrant en dialèctica amb les variables essencials i creant un índex de soroll variable en la seva influència sobre l'aparició dels atributs de les traces d'ús –variables dependents.

En principi partíem de la hipòtesi que les Xarxes Neurals Artificials serien una eina ideal per enfrontar una problemàtica de variabilitat com la de la fenomenologia d'aparició de les traces d'ús, on no hi ha una linealitat fixa entre causa i efecte i on intervenen multitud de factors en acció combinada i conjunta¹⁹². Les Xarxes Neurals es caracteritzen per la seva manera de procedir pel següents aspectes:

- Aprenentatge adaptatiu; és a dir, la xarxa pren experiència adaptant amb els nous *inputs* al seu coneixement.
- Capacitat de generalització; capacitat lligada amb l'anterior, la xarxa opera intentant trobar les semblances/diferències rellevants en els casos i eliminant la informació redundant.

¹⁹² R. Gregory descrivia la percepció com un mecanisme on el cervell interpreta mitjançant un sistema de formulació d'hipòtesis les imatges formades en la retina com a representacions dels objectes (VV.AA. 1978: 248). És un sistema d'improvisació continua que tindrà un índex major o menor de fiabilitat depenent de l'experiència de l'observador en reconèixer i observar patrons d'aquell tipus. El procés no és clarament lògic –llavors no algorímic– ni lineal i es basa en la generalització de característiques presents/absents a mesura que es van sumant casos.

- Tolerància a errors i danys en la memòria; resultat de la seva forma de distribució i emmagatzematge de la informació.
- Auto-organització de la informació; cercant la forma més òptima per desenvolupar la seva tasca.
- Tractament no-lineal de les dades; que es palesa en una àmplia improvisació i flexibilitat

Tornem al problema de la variabilitat altre cop, ara d'una forma més concreta pel que fa al seu tractament. ¿Fins a quin punt la variabilitat que tenim en les imatges originals no és la necessària per poder distingir entre casos? Cal que primer ens fem aquesta pregunta per dos problemes. He conclòs en el capítol 4 que la variabilitat intraclases – dintre d'una mateixa categoria d'ús; matèria treballada i cinemàtica conjugades– en els casos dels atributs de les traces d'ús era massa alta per poder fer possible una classificació fàcil i satisfactòria –tant per nosaltres com per la xarxa–. També a la inversa la variabilitat interclases no era tan evident com hauria de ser desitjable –també per poder dur a terme una classificació fàcil i satisfactòria–. El problema és on es pot ficar el límit –quin és l'element metodològic processal– que ens pot permetre d'una manera unívoca poder disminuir la variabilitat intraclases i augmentar la interclases de tal forma que no eliminem cap tipus d'informació que ens pugui ser útil per a la discriminació i eliminar al màxim possible la inútil per a la discriminació. Sabem, per una banda, que hi ha variabilitat aleatòria i espúria en la representació del fenomen, però no sabem fins quin nivell i com es presenta en la seva forma concreta. En principi, la teoria en Intel·ligència Artificial afirma que les Xarxes Neurals saben operar contra la redundància en la informació inserida en les dades .

Dèiem uns paràgrafs enrera que una xarxa neural artificial disposa d'un algorisme d'aprenentatge, utilitzat en la fase primera d'entrenament del sistema. Recordem també que aquests algorismes són diferents depenent del tipus de xarxa amb què tractem i que determinen els resultats i l'estructura de les dades *output*. Són algorismes de caràcter no-lineal; és a dir que les dades són tractades no de forma unívoca i tenint en compte valors variants introduïts de forma oportunista.

També es pot donar fàcilment el cas que diferents xarxes –o estructures dissenyades sota un mateix algorisme d'aprenentatge– s'adaptin diferencialment en dur a terme una classificació +/- satisfactòria una mena d' *inputs*, d' *outputs* o de categories i fracassar en la classificació d'altres.

Recordem que depenent del seu mecanisme d'aprenentatge, tenim els tipus de xarxes supervisades i no-supervisades. En principi, crèiem que les primeres ens podien donar unes respostes més satisfactòries. Tenint en compte que treballem amb una mostra experimental –la col·lecció de referència de rèpliques d'instruments lítics– on coneixem els resultats prèviament de cadascun dels ítems, se'ns dóna aquesta possibilitat¹⁹³.

Un sistema no-supervisat, en el cas que ens donés una classificació gens adaptada a la corresponent amb l'ús ens podria fer dubtar que el nostre mètode d'anàlisi sigui correcte. Fins i tot podríem arribar a creure que en l'observació, condicionats per saber quin és l'ús real de la peça en l'experiment, volem veure més semblances de les que hi ha. Podríem arribar a sospitar això, però mai ens confirmaria al 100% si estem equivocats o no.

Ens hauria de preocupar més si una xarxa amb l'aprenentatge supervisat no pot adaptar la seva classificació amb la real corresponent amb l'ús, donat que el sistema prèviament ja ha fet tot el possible per “donar-nos la raó” sobre allò que li dèiem que era cada cosa.

Una recerca heurística és un procediment que aplica passos plausibles per moure's entre un espai d'alternatives immens, amb la finalitat de conèixer la millor –o millors– alternativa per a un propòsit concret. Allò que fa que a aquest tipus de recerca se la denomini com heurística es que el procediment no garanteix que el resultat sigui el millor de totes les alternatives, si bé aproximadament ho sigui d'acord amb un cert criteri. El criteri pot arribar a no ser gaire rigorós i no sempre proporcionar una òptima solució, si bé ens trobem davant la millor de les possibles, molt superior que si no haguéssim dut a terme una recerca de caire heurística (BARCELÓ 1996b:27). Amb una mica d'intuïció es pot entendre que també el procediment que du a terme la Xarxa Neural Artificial també és una recerca heurística, recercant la millor de les solucions possibles i donant també un resultat probabilístic indeterminat –difús¹⁹⁴.

¹⁹³ També seria una forma d'operar que a fi de comptes utilitza l'investigador analista de traces d'ús en els seus processos d'inferència. Tots els traceòlegs hem après a partir de col·leccions de referència, on sabem com s'havia emprat cada útil, i a partir de generalitzacions –positives i negatives– en cadascun dels casos hem anat aprenent a distingir allò que correspon a atributs adoptats per la superfície lítica durant l'ús.

¹⁹⁴ De fet també podríem dir –per extensió i segons el que ha estat exposat sobre el procediment de percepció i raonament humans, així com òbviament del procedir en el desenvolupament de les anàlisis de traces d'ús– que el funcionament del cervell i el seu conjunt de neurones interconnectades també es basa en un mètode de recerca heurística o almenys presenta moltes similituds.

Allò que sí tenim clar completament és que per la seva forma d'operar davant de les dades –amb les capacitats d'aprenentatge adaptatiu, generalització i eliminació dels soroll en la informació, tolerància d'error alt, tractament no-lineal de les dades, auto-organització de la informació– és el mètode ideal per enfrontar bases de dades amb un alt índex de variabilitat, com és el cas de la fenomenologia de les traces d'ús.

I la darrera pregunta i resposta és com ens ajuda la classificació aportada per la xarxa a assolir el nostre objectiu en el present treball. Recordem que aquest objectiu primer era conèixer el potencial discriminant que té cadascun dels atributs de traces d'ús per poder dur a terme la determinació final de l'ús d'un útil i adscriure'l a una categoria. La forma de procedir un cop obtinguts els resultats de la xarxa és ben simple; comparar cadascuna de les classificacions fetes per la xarxa a partir dels valors de cada atribut o grup d'imatges i comparar aquestes amb les que es corresponen amb la referent a l'ús real. Depenent de la divergència/convergència entre una i altra, podrem calcular el poder discriminant de cadascun dels atributs.

5.3 La decisió definitiva: Retropropagació de l'Error amb Moment i procediment d'execució.

Considero que tota la teoria explanada en l'apartat anterior ha deixat prou clar tota una sèrie de principis de les Xarxes Neurals que ens permetran entomar amb bon enteniment quina ha estat la nostra decisió definitiva de treball.

El programa concret amb què hem treballat és NeuroSolutions, de l'empresa estadounidenca Neuro Dimension, Inc. (www.nd.com), especialitzada en software d'Intel·ligència Artificial, en diverses versions que s'han anat actualitzant al llarg del desenvolupament del projecte d'investigació, però de funcionament bàsic similar.

La concepció experimental del projecte d'investigació que hi ha al darrera d'aquesta tesi ens ha fet optar per una xarxa supervisada, que exerceixi un control dels *outputs* correctes. L'algorisme que s'ha emprat és el denominat de retropropagació de l'error. El seu mode d'operació es basa en un procés iteratiu de correcció progressiu de pesos adjudicats a les neurones a partir de l'índex d'error –entès com la diferència existent entre el resultat aportat i el valor correcte conegut pel programa–, ajustant així la funció d'activació –excitació– de cadascuna de les neurones que conformen l'estructura del sistema. D'aquesta forma l'error es va reduint fins donar el resultat final després d'un nombre donat d'iteracions.

Més concretament, l'algorisme actua de la següent forma: per a l'estímul i de la neurona j en el nivell d'*outputs* –o resultats–, s'assigna un valor aleatori al pes w_{ij} , ajustant-lo progressivament al valor especificat en l'estímul. El procediment és que se suma el pes aleatori inicial a un terme determinat pel producte de la proporció d'aprenentatge, del terme d'error i el valor de cadascun dels estímuls. Una volta calculats els termes d'error en el nivell d'*outputs*, es repeteix el procediment per al nivell de neurones ocultes –capa intermitja– i en darrera instància per al nivell d'*inputs* –capa inicial–, variant el terme d'error emprat, donat que en cadascun dels nivells s'empra la suma de l'error assolit al següent nivell.

Els passos seguits per l'algorisme són els següents:

- 1) Inicialitzar pesos i proporció d'aprenentatge.** S'atorga un valor inicial aleatori a la ponderació dels pesos i al nivell d'activació de les unitats ocultes.
- 2) Presentar els valors externs i els resultats coneguts.** S'introdueix un darrera de l'altre els vectors que contenen valors continus normalitzats (x_0, x_1, \dots, x_{n-1}) (d_0, d_1, \dots, d_{m-1}) i que representen la descripció i el resultat de cadascun dels elements del conjunt d'aprenentatge.
- 3) Calcular el resultat com si el valor inicial aleatori de les unitats ocultes i les ponderacions fos correcte.** Emprant una suma ponderada d'estimulacions i una funció sigmoïdal contínua, es calcula el grau d'activació de les unitats del darrer grup que correspondria a l'estat momentani de la xarxa. El grau d'activació de les unitats del darrer grup es calcula a partir del grau d'activació de les unitats ocultes i de les ponderacions de les connexions entre els grups. Així doncs, el programa calcularà inicialment l'activació de les unitats ocultes partint de l'activació coneguda de les unitats inicials:

$$x_k = f(\sum w_{jk} x_0 - \theta_j)$$

On θ_j és una constant coneguda com “proporció d'aprenentatge” i és equivalent al nivell de significació dels tests estadístics de base probabilística. Una volta conegut el valor de les unitats ocultes, es calcula el valor de les unitats del tercer grup:

$$y_m = f(\sum w_{km} x_k - \theta_j)$$

4) Adaptar les ponderacions. Com el resultat de les unitats del darrer grup ha estat calculat a partir d'una estimació inicial aleatòria dels seus paràmetres, els resultats de la primera iteració són erronis; és a dir, no coincideixen amb els valors correctes que li hem aportat a la xarxa ja en una primera instància. A partir d'aquest punt, passa a emprar-se una rutina reiterativa que progressivament adaptarà les ponderacions i paràmetres, fins trobar una solució final en la qual el valor calculat pel sistema sigui el més similar possible al conegut. Perquè durant el procés s'ajustin les ponderacions de les connexions s'empra la fórmula general:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \delta_j x_i$$

On $w_{ij}(t+1)$ és la ponderació que rebirà la connexió que uneix la unitat oculta i de la unitat del primer grup j en el cicle t . El component x_i tant pot ser una unitat del primer grup com del tercer –*output*–, η és una constant que determina la proporció d'aprenentatge –nivell de significació– i δ_j és l'error detectat en la unitat j o, si en altres paraules, diferència entre la senyal de resposta esperada i la que ha calculat el sistema. El càlcul d'aquesta diferència es du a terme a partir de l'equació:

$$\delta_j = y_j (1 - y_j) (d_j - y_j)$$

On d_j és la resposta esperada –i coneguda– de la unitat j , mentre que y_j és la resposta que el sistema ha calculat en el tercer pas. Un cop que l'*output* donat coincideix amb el conegut, es corregeix l'activació de la unitat oculta mitjançant l'equació:

$$\delta_j = x_j (1 - x_j) \sum \delta_k w_{jk}$$

On k indica el nombre de grups entre la unitat de resposta i la unitat inicial. Per aconseguir una convergència més ràpida, sol emprar-se un terme de correcció conegut com “moment”, expressat sota la fórmula:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \delta_j x_i + a (w_{ij}(t) - w_{ij}(t-1))$$

on $0 < a < 1$.

5) Repetir el pas 2. S'introdueix un nou vector exterior d'estimulació i s'inicia el procés iteratiu de correcció una volta més. El procés fineix quan s'ha esgotat els estímuls externs i la resposta donada pel sistema coincideix en tots els casos amb la resposta coneguda prèviament.

El senyal que emet cada neurona és el resultat dels senyals que rep de la resta de neurones que conté la xarxa. Concretament, el senyal emès per la neurona j situada en qualsevol dels tres nivells es calcula mitjançant un sistema d'equacions de la següent forma:

$$u_j = \sum (x_i * w_{ij})$$

$$Y_j = F (U_j + t_j)$$

Per a cada neurona j cadascun dels estímuls x_i que rep del nivell precedent és multiplicat per un factor w_{ij} prèviament especificat, el qual representa el pes d'aquesta neurona. El resultat de la suma conjunta –estímul*pes; U_j – és utilitzat per calcular la funció d'activació Y_j , modificant el valor anterior mitjançant un factor de correcció t_j i multiplicant-lo pel valor d'una funció límit F , que representa la probabilitat d'activar aquesta neurona en particular. El resultat Y_j final s'empra com a estímulo de les neurones situades en el nivell següent.

Ja n'hem parlat anteriorment, el treball que du a terme una xarxa neural és per mor de donar un resultat final positiu. Però això significa que aquesta voluntat d'“entendre” la informació pot ser a partir de l'adopció d'una capacitat de generalitzar o per contra a partir de la memorització absoluta del conjunt de dades. En altres paraules, la reiteració pot donar com a resultat l'aprenentatge de normes –no lineals, no hem d'oblidar-ho– o la memorització de les característiques particulars de cada cas –o memorització–. Així,

és perfectament possible que la xarxa aportí un resultat final correcte adaptat als valors coneguts en una primera instància, però simplement perquè el sistema ha “memoritzat” les dades a base de veure-les una i altra vegada.

Amb tot i malgrat la manca de control que hi ha sobre el procediment un cop ja engegat de la xarxa, hi ha manera de saber en quina de les dues vessants de reconeixement de les dades –aprenentatge o memorització– ha actuat el sistema. El procediment de la xarxa no ha d’emprar necessàriament la totalitat de la base de dades de què disposa en el seu procés d’aprenentatge –*training* en el programari emprat–; de fet som els usuaris qui definim com a paràmetre aquest percentatge de les dades que emprarà. Nosaltres vam determinar aquest paràmetre en el 75% del total de les dades, que la xarxa ja s’encarrega per si sola de seleccionar aleatòriament. Sobre el 30% restant, la xarxa en selecciona el 50% –és a dir, un 15% del total– i realitza la “prova de validació creuada”, que consisteix en la inserció de dades desconegudes en moments concrets del procediment per comprovar si les regles generals extretes a partir del *training* són vàlides o no, conclusió que s’extraurà a partir de comparar la divergència en l’error en la classificació del conjunt emprat en el *training* i de les dades inserides en la validació creuada. Quasi que per imperatiu podem afirmar que l’error sempre serà superior en les dades emprades per a la validació creuada, doncs són insercions de dades “per sorpresa” en un sistema que s’està habituant a unes altres dades que va coneixent a base d’iteracions; però allò que està clar és que si en la validació creuada l’error és altament superior al ocorregut en el procés d’aprenentatge, podem afirmar que la xarxa s’ha comportat com el nen *empollón* que aprèn de memòria i no entén res.

Posteriorment al procés d’aprenentatge –*training*–, hi ha la possibilitat d’executar un test de validació amb la resta de les dades que resten sense tractar. En el nostre cas hem reservat sistemàticament un 15%. Amb el test del *training* comprovem com, la xarxa que teòricament ja ha après, se’n surt amb dades desconegudes. La conclusió l’extraiem simplement per la correcció en la classificació subsegüent al processament. Aquesta darrera prova és molt més definitiva que la validació creuada, doncs aquesta darrera et dona indicis de com ha funcionat la xarxa, però és difícil avaluar un procediment posterior de facto i amb dades noves com l’executarà. Amb tot, val a dir que quan la validació creuada indica generalització/memorització, el resultat del test del *training* és conseqüent.

Talment com hom pot ensinistrar una xarxa, hom també pot voler conèixer l’efecte que cadascun dels *inputs* –corresponents als atributs de les traces d’ús en el

nostre cas– està tenint en la determinació dels *outputs*. De bon principi, la xarxa proveeix una major retroalimentació als *inputs* en funció de la seva major significança en la classificació correcta dels *outputs*. Però amb tot, hom pot decidir d’eliminar els *inputs* que no aporten informació discriminant, eliminant canals de decisió redundants des d’un bon principi i evitant-li a la xarxa que prengui aquesta decisió; s’ajuda així a la xarxa perquè executi un processament més ràpid en tant que menys nombrosa és l’entrada d’*inputs*, facilitant-li el seu procés d’aprenentatge i decisió efectiva

L’anàlisi de sensibilitat és el mètode per dilucidar la relació causa/efecte entre els *inputs* i els *outputs* de la xarxa. Durant el procés d’aprenentatge, la xarxa no és capaç de valorar la significança dels *inputs*, en tant que els pesos no són afectats. La idea bàsica és que els *inputs* són modificats lleument i aquesta alteració del valor en l’*output* és enregistrat com un percentatge o una diferència en nombres bruts.

El component de control actiu genera la dada *input* per a l’anàlisi de sensibilitat mitjançant l’aplicació d’un increment momentani i reduït del valor de l’*input* – procediment denominat més o menys afortunadament “sobreeixcitació” (*dither*)¹⁹⁵. El canvi corresponent en l’*output* és la dada de sensibilitat.

<i>Sensitivitat</i>	<i>Os</i>	<i>Descarni</i>	<i>Pell seca</i>	<i>Fusta seca</i>	<i>Pell fresca</i>	<i>Fusta fresca</i>	<i>Petxina</i>
MNELO	0,016	0,034	0,041	0,024	0,022	0,053	0,021
MNCIR	0,119	0,022	0,069	0,493	0,263	0,215	0,745
MNRCT	1,065	0,289	0,974	1,483	0,246	0,481	0,684
MNCOB	1,099	0,060	0,617	0,404	0,218	0,632	0,295
SDELO	0,042	0,003	0,039	0,117	0,021	0,053	0,088
SDCIR	0,594	0,284	0,569	0,030	0,187	0,341	0,027
SDRCT	0,434	0,051	0,309	0,454	0,007	0,281	0,135
SDCOB	1,813	0,464	1,629	2,659	0,088	0,209	0,568

Figura 5-10 – Taula que mostra els Índexs de sensibilitat del *inputs* en un processament per NeuroSolutions.

Aquest testeig aporta una mesura de la importància relativa entre els *inputs* i il·lustra com els *outputs* varien en resposta a la variació d’un *input*. El primer *input* és modificat dintre d’un rang de desviacions estàndard definit per l’usuari de la xarxa, mentre que els altres *inputs* es mantenen constants en les seves respectives mitjanes.

¹⁹⁵ El valor d’activació no és una funció probabilística de la versemblança de cada *output* –el seu sumatori no és una constant–, però sí és un índex de la possibilitat que cert *input* correspongui amb cert *output*. El valor de l’*output* està normalitzat entre 0 i 1. Quan més a prop d’1, més “possible”, ja que no “probable”.

L'output és computat mitjançant un nombre donat de càlculs aplicats sobre i sota la mitjana, i així per a tots i cadascun dels inputs. Per acabar, es genera un informe en el qual es resumeix la variació de cada output respecte a la variació de cada input.

El test de sensibilitat genera una matriu on es mostra resumidament tota aquesta informació (Figura 5·10). En aquesta matriu, cada filera representa a un input concret i cada columna a un output; el valor correspon al percentatge efectiu que un input en particular té sobre la determinació de l'output. En altres paraules, cadascun dels valors correspon a la diferència bruta entre els outputs respecte als inputs “sobreexcitats” i “no-sobreexcitats”¹⁹⁶.

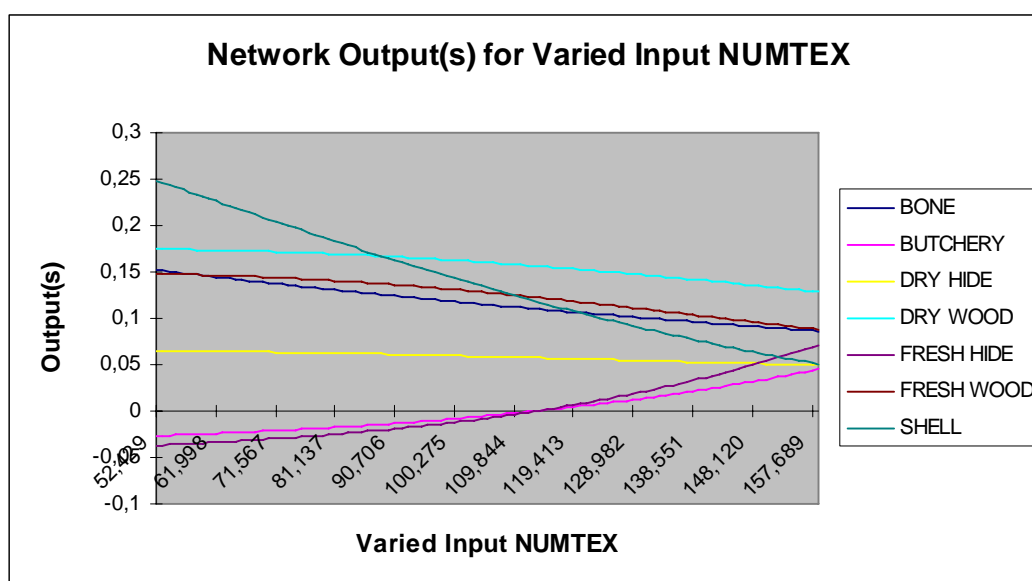


Figura 5·11 – Gràfic que fica en correlació els valors d'input i output durant un processament amb NeuroSolutions.

Una altra manera més senzilla i visual de localitzar els atributs més significatius són els gràfics de correlació input/output, en els quals diverses línies de regressió ens mostren els valors d'un atribut donat (input) per a cadascuna de les matèries treballades (output) (Figura 5·11). En el gràfic el punt d'inflexió des del qual podem determinar que existeix discriminació és el punt de creuament de les línies de regressió; sempre que es creuin, doncs es pot donar el cas que transcorrin paral·leles en el marc del gràfic, el qual ens indicaria que no existeix una tendència diferencial –per exemple, en el gràfic “fusta fresca” i “fusta seca” resultarien indiferenciables.

¹⁹⁶ Si la taula estigués sencera, el total de cadascuna de les columnes hauria de donar 100, però en aquesta taula només he recollit els inputs més significatius d'un experiment real que més tard tornarà a aparèixer.

5·4 Resultats dels experiments amb xarxes neurals.

Presentarem els resultats en els dos blocs habituals que ens atenyen en la investigació, és a dir la dilucidació o classificació dels téxels per 1) la matèria treballada –en set categories– i 2) per la cinemàtica de treball –en dues categories contraposades. Així mateix, hem treballat amb la base de dades de téxels i la base de dades de globals d'índex per imatges. Aclareixo també que només es presenten els resultats que han donat classificacions correctes –o “les més correctes”– i aquells que hem considerat que poden copsar algun interès per al projecte d'investigació i la persona que llegeixi aquest treball, obviant tots aquells resultats negatius o experiments previs d'atansament al fenomen o al programari.

5·4·1 Resultats dels experiments per a matèria treballada.

5·4·1·1 Experiments amb la base de dades de téxels.

El procediment que hem seguit per entomar el processament de les dades amb la Xarxa Neural pretén ser homologable –cara a què els resultats siguin comparables– al que en el seu moment hem presentat amb l'estadística. En primera instància, la base de dades a tractar és la mateixa que en el cas de l'estadística –la base de dades de téxels–, però amb la salvetat que per imperatius operacionals de la xarxa neural, hem dut a terme una selecció dels téxels segons categoria d'ús, amb l'objectiu que les diferents categories estiguin compensades pel que fa al nombre de casos –téxels–. La selecció ha estat aleatòria –mitjançant l'aplicació de SPSS per aquesta finalitat–. Així, la base de dades resultant està composta per 40902 téxels, amb un nombre d'efectius d'aproximadament 5800 casos per a cada categoria. Així juguem amb la selecció del:

- 55% dels téxels vinculats a fusta seca
- 56% dels téxels vinculats a fusta fresca
- 39% dels téxels vinculats a os
- 46% dels téxels vinculats a pell seca
- 100% dels téxels vinculats a pell fresca
- 80% dels téxels vinculats a petxina
- 38% dels téxels vinculats a descarni

Experiment n°1

La xarxa neural fou definida sota 15 *inputs*, corresponents als atributs “àrea” i tots els de composició i forma (veure capítol 3·2·3·2). Els *outputs* possibles foren 7, corresponents a les 7 categories de matèries treballades. La capa oculta intermitja estava formada per 185 nodes i l’algorisme d’aprenentatge triat és el de “retropropagació per moment”.

Els resultats obtinguts són resumits en la taula 5·1. Com podem veure en el sumatori total del cantó dret-inferior de la taula, el nombre de téxels amb què s’ha treballat és de 10.226, amb un nombre prou compensat per a cadascuna de les categories (fila inferior).

A grans trets veiem com les úniques matèries treballades que es reconeixen amb prou encert són “descarni” i “petxina”; és a dir, els extrems de l’escala de duresa. Per a les altres matèries treballades la ineficiència és pràcticament absoluta. No paga la pena fer esment dels millors resultats per a “os” i “fusta seca”, doncs continuen sent en gran mesura negatius.

En definitiva, concloem que aquesta arquitectura de xarxa neural és capaç de distingir les dissimilituds més extremes, sent inoperant amb les intermitges. De fet, si observem la taula 5·1, veiem que la major confusió de les matèries intermitges és just amb “descarni” i “petxina”; la xarxa ha mostrat tendència a fer una classificació dual. Cert és també que per aquesta mateixa raó, l’error de classificació de les matèries treballades intermitges afectaria en un “test cec” a la classificació global i “correcta” de “petxina” i “descarni”; comprovem per exemple com hi ha tants casos correctament classificats per a “petxina” com erronis de “fusta fresca” en petxina. Val a dir, que si ens fixem la xarxa ha confós les matèries més dures –“fusta fresca”, “fusta seca” i “os”– amb la de duresa més extrema –“petxina”– i, així mateix, la “pell fresca” amb “descarni”, totes dues d’una duresa prou similar. La “pell seca” ha tingut tendència a confondre’s més amb la matèria dura que no amb la tova, però no tant com en el cas de les matèries treballades que acabem de fer esment.

Després d’aquestes reflexions, conclouria que la xarxa s’ha comportat com un analista principiant i matusser a l’hora de la feina, amb una massa vaga idea sobre en què consisteixen les diferències entre les categories d’ús.

		Desitjat							
		Descarni	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Os	Fusta fresca		Fusta seca
Output	Descarni	863	408	893	466	533	317	425	3905
	Petxina	410	855	348	644	703	839	758	4557
	Pell fresca	1	2	1	0	4	2	1	11
	Pell seca	0	0	0	0	0	0	0	0
	Os	52	64	61	62	59	60	64	422
	Fusta fresca	1	6	1	2	5	5	8	28
	Fusta seca	120	179	171	214	211	200	208	1303
		1447	1514	1475	1388	1515	1423	1464	10226

Taula 5-1 – Resultats de l'Experiment n°1 amb la Xarxa Neural. Els totals de les columnes indiquen els casos que s'han introduït en la xarxa per a cada categoria, mentre que els totals de les files corresponen als casos que la xarxa ha donat per a cada categoria. Els números donats a les caselles indiquen com la xarxa els ha considerat, igualment com a la denominació de la fila, i s'ha de contrastar amb la denominació de la columna per valorar l'error/encert. En el racó inferior dret tenim el total de tóxels per a totes les categories i emprats per la xarxa en aquest experiment.

Performance	<i>Descarni</i>	<i>Petxina</i>	<i>Pell fresca</i>	<i>Pell seca</i>	<i>Os</i>	<i>Fusta fresca</i>	<i>Fusta seca</i>
MSE	0,1157	0,124256	0,117993	0,1171875	0,126151	0,1174492	0,1218777
NMSE	0,952428	0,985116	0,955914	0,9989633	0,999589	0,9804519	0,9935544
MAE	0,233056	0,244281	0,235459	0,2392492	0,249089	0,2374091	0,2452549
Min Abs Error	0,045289	0,037821	0,034958	0,1064484	0,127703	0,0388134	0,0689206
Max Abs Error	0,950569	0,960975	0,945529	0,8926822	0,872078	0,957762	0,9301186
r	0,218256	0,123485	0,210513	0,0391572	0,027221	0,1410306	0,0814495
Percentatge Correcte	59,64063	56,47291	0,067796	0	3,894389	0,3513703	14,20765

Taula 5-2 – Percentatges d'encert de la classificació en l'Experiment n°1 (per a saber significat de cada índex, veure Arxiu B-12).

Experiment n°2

Vistos els resultats de l'anterior experiment, es valora que la complexitat de la discriminació multifactorial de l'alteració d'ús en superfície en 7 categories és excessiva per ser afrontada amb una xarxa neural senzilla. Com a alternativa, es dissenya una nova arquitectura; òbviament, tornem a tenir els 15 *inputs* i 7 *outputs* de l'experiment anterior, però ara es treballarà amb 2 capes ocultes, la primera amb 148 nodes i la segona amb 74. L'algorisme altra volta torna a ser de retropropagació. La base de dades recull la totalitat dels téxels (40.902), dividits homogèniament en categories segons la matèria treballada.

Com es pot veure pels resultats, la solució no resulta gens reeixida, ans al contrari. La confusió esdevé major i ja perdem la distinció entre les categories de duresa extrema. Torna a repetir-se el fenomen en el qual la xarxa ha centrat la classificació dels téxels en les categories en què més encert s'ha obtingut: ara son "fusta fresca" i "descarni", però també la xarxa confon les altre matèries treballades amb aquestes dues majorment. Com a única nota positiva, apuntar que majorment la confusió és amb matèries de les quals la duresa és propera; per exemple, "descarni" es confon molt a sovint amb "pell fresca", com així mateix "fusta fresca" i "fusta seca" i aquestes dues amb "petxina".

Experiment n°3

L'arquitectura de la xarxa neural és idèntica a l'emprada en l'Experiment n°1: la capa oculta intermitja estava formada per 185 nodes i l'algorisme d'aprenentatge triat el de "retropropagació per moment". Com en tots, fem els 15 *inputs*, corresponents als atributs "àrea" i tots els de composició i forma i els *outputs* possibles són els 7 corresponents a les categories de matèries treballades. Ara la base de dades només conté els téxels de mida més gran –aquells més grans de 1000 píxels¹⁹⁷.

Amb els téxels més grans obtenim millors resultats globals d'encert. Curiosament, són ara les categories que abans obteníem pitjors resultats, les que ara obtenen els millors –"pell fresca" i "pell seca". Per contra, "petxina" ara obté resultats prou nefastos –tot i que l'error major de classificació ha estat amb la matèria treballada més similar en duresa, "os"– i "descarni" prou discrets –convenint que ara l'error és

¹⁹⁷ Recordem que disposem de bases de dades de téxels per magnitud (veure subcapítol 4-4). Fixem-nos també que en aquest cas no s'ha dut a terme una compensació del nombre de casos per categories, doncs això ens obligaria a referir el valor a la categoria amb menys casos i hauríem de treballar només amb 34 exemplars per categoria, el qual seria un nombre massa reduït per ser significatiu.

		Desitjat							
		Descarni	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Os	Fusta fresca	Fusta seca	
Output	Descarni	2840	988	2796	1331	1641	777	1043	11416
	Petxina	121	330	141	133	256	200	233	1414
	Pell fresca	0	0	0	0	1	0	0	1
	Pell seca	0	0	0	0	0	0	0	0
	Os	138	131	208	119	170	101	136	1003
	Fusta fresca	1881	2993	1787	3171	2620	3487	2931	18870
	Fusta seca	842	1453	908	988	1270	1195	1542	8198
		5822	5895	5840	5742	5958	5760	5885	40902

Taula 5-3 – Resultats de l'Experiment n°2 amb la Xarxa Neural. Es poden comparar els resultats amb la Taula 5-1, diferents en l'estructura, però igualment insatisfactoris.

Performance	Descarni	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Os	Fusta fresca	Fusta seca
MSE	0,116509	0,121316	0,161761	0,1535185	0,124122	0,1184911	0,1219351
NMSE	0,954375	0,983487	1,321643	1,2721485	0,997392	0,9793227	0,9899026
MAE	0,230869	0,240635	0,198365	0,1813467	0,246299	0,244755	0,2372694
Min Abs Error	0,003641	0,001348	0,041864	0,0182224	0,041395	0,0124032	1,04E-05
Max Abs Error	0,938336	0,992579	1,055555	1,0526421	1,0482	0,9782172	1,0123129
r	0,214291	0,132191	-0,002045	0,0208868	0,053355	0,1533405	0,1084834
Percentatge Correcte	48,78048	5,597964	0	0	2,853306	60,538192	26,202209

Taula 5-4 - Percentatges d'incert i error de la classificació en l'Experiment n°2

		Desitjat							
		Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni		Os
Output	Petxina	8	7	0	1	1	0	17	34
	Fusta fresca	20	25	0	12	2	1	13	73
	Pell fresca	20	13	16	8	6	29	42	134
	Fusta seca	29	16	0	13	5	2	23	88
	Pell seca	18	20	1	11	25	13	26	114
	Descarni	13	6	1	5	4	15	19	63
	Os	51	15	0	25	4	8	91	194
		159	102	18	75	47	68	231	700

Taula 5-5 – Resultats de l'Experiment n°3 amb la Xarxa Neural.

Performance	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni	Os
MSE	0,177128	0,1177143	0,046122	0,0995127	0,0589979	0,078884	0,240907
NMSE	1,008997	0,9456364	1,840993	1,0402401	0,9419365	0,899413	1,089586
MAE	0,304215	0,222496	0,121797	0,2277535	0,1335672	0,176973	0,369287
Min Abs Error	0,048313	4,503E-06	0,000135	0,0537229	0,00005222	0,010831	9,21E-03
Max Abs Error	0,94788	1,0114317	0,948395	0,9447337	1,0073342	0,964622	0,981583
r	0,141956	0,2429667	0,362201	0,1099352	0,3355754	0,329744	0,199606
Percentatge Correcte	5,031446	24,509803	88,88888	17,333333	53,19149	22,05882	39,39393

Taula 5-6 – Percentatges d'incert i error de la classificació en l'Experiment n°3

prou neci, confonent-se majorment amb matèries molt més dures-. Amb tot, la interpretació global dels resultats és que són diferents i poden complementar els obtinguts en els anteriors experiments, però convinguem que tampoc aporten una solució definitiva a la classificació de les matèries treballades.

La primera conclusió d'aquests tres experiments és negativa. La xarxa neural no és capaç de calcular una funció discriminatòria global que permeti distingir entre les característiques pròpies dels téxels vinculades amb la matèria treballada. Amb tot, cal fer esment que el fet que no existeixi funció global de discriminació no significa necessàriament que no hi hagi una altra de més complexa que la xarxa pugui captar. Els resultats en principi "negatius" de la xarxa han d'entendre's en termes de la complexitat d'aquesta relació. Això vol dir dues coses:

- Fins i tot, ja ho esmentat en el seu moment, la confusió en què cau la xarxa per la classificació té un cert punt de lògica sovint: en tots tres experiments, comprovem com la xarxa confon una matèria treballada amb les matèries treballades amb duresa propera. És a dir, la xarxa és capaç de trobar unes certes tendències de similaritat¹⁹⁸.
- Hem de valorar la possibilitat que allò que discrimina una matèria treballada concreta no ha de ser necessàriament el mateix que per a una altra. Ens provaria aquest extrem, que just algunes matèries treballades han obtingut un grau d'encert prou considerable, mentre que altres en el mateix experiment, prou nefast per contra.

Plantegem així una nova sèrie d'experiments en què intentarem aïllar la classificació de cadascuna de les matèries treballades individualment; és a dir, de forma binària. Es treballarà llavors amb bases de dades de téxels on el 50 % estarà vinculat al treball de la matèria treballada concreta que en l'experiment volem dur a terme la discriminació i l'altre 50% serà de téxels de la resta de matèries treballades. El que ha d'encertar la

¹⁹⁸ Aquest problema entroncaria directament amb els *overlapping* d'en R. Grace (GRACE 1989) o J.J. Ibàñez i J.E. González (GONZÁLEZ, IBÁÑEZ 1994), de caràcter essencial al fenomen i no a un problema gnoseològic. Ens podria indicar la natura real del fenomen de les traces d'ús com a procés físic que he fet referència al subcapítol 2·1·3, on l'encavalcament de les característiques de les traces d'ús aniria vinculat al fet que els factors formatius de les traces d'ús poden produir efectes similars en molts casos, depenent de la seva combinació en cada cas i que condueix a una interfàcie de contacte donada entre instrument i matèria treballada, medi on es produeix l'alteració de totes dues matèries en contacte.

xarxa respecte a cadascun dels t xels  s si “ s” –1– o “no és” –0– la matèria treballada concreta que es pretén classificar en aquell experiment.

Intentem amb aquest tipus d’experiment, restar ambig tat al conjunt de dades, restringint a dues les possibilitats de classificació per les quals s’ha de decidir la xarxa. Amb tot, per una qüestió d’unificació de mètode, cara a possibilitar la contrastació dels resultats, hem treballat en tots els experiments amb una xarxa neural amb la mateixa arquitectura. Aix  tenim 11 *inputs* en la capa de entrada¹⁹⁹, una capa oculta que conté 144 unitats o nodes i una capa de sortida que només té dos *outputs* –0/1, s /no, +/– respecte a la matèria treballada en estudi–. Les unitats de la capa de entrada i la capa oculta estan unides mitjançant el càlcul de centroids de base radial (*Radial basis Function*), mentre que els valors dels vincles entre totes i cadascuna de les unitats de la capa oculta i les unitats de la capa de sortida han estat calculats basant en l’algorisme de retropropagació per moment.

Discriminació de la categoria “descarni” (Taules 5-7)

De la base de dades de t xels total, se seleccionen 8019 t xels, dividits en dos conjunts amb el mateix nombre de casos en funció de si “són” o “no són” t xels vinculats al treball de “descarni”.

		Desitjat		
		S�	No	
Output	S�	0	0	0
	No	4109	3910	8019
		4109	3910	8019

<i>Performance</i>	<i>S�</i>	<i>No</i>
MSE	0,1549085	0,36637361
NMSE	0,96877473	2,29124613
MAE	0,37636707	0,45441775
Min Abs Error	0,15139827	0,04444418
Max Abs Error	0,64900794	0,84444442
r	0,20876201	0,1709608
Percentatge Correcte	0	100

Taules 5-7 – Resultats de la classificació binària per a la matèria treballada “descarni”.

La xarxa neural no ha estat cap  de definir una regla no lineal de discriminació per al conjunt de dades, o el que és el mateix, no ha estat cap  de classificar de forma

¹⁹⁹ Corresponen als atributs els quals l’anàlisi de sensibilitat els atorgava major poder discriminant: “lluminositat mitja”, “desviació típica de la lluminositat”, “moda de la lluminositat”, “lluminositat mínima”, “elongació”, “circularitat”, “quadratura”, “ràtio circularitat/estretor”, “compacitat A”, “irregularitat” i “rectangularitat B”.

mínimament correcta la base de dades en funció de la dicotomia presentada com a resultat possible. Hom podria il·lusionar-se amb el fet que el resultat d'encerts en la classificació d'allò que “no és” descarni és total, però de fet, fixant-nos en la taula comprovem que precisament tots els casos que “sí eren” descarni també les ha classificat com a negatius. Això hauria de fer pensar que la confusió de la xarxa és absoluta i que no troba cap recurrència, ni que sigui de tipus no lineal, per classificar les dades.

Discriminació de la categoria “pell fresca” (Taules 5·8)

De la base de dades de téxels total, se seleccionen 8793 téxels, dividits en dos conjunts amb el mateix nombre de casos en funció de si “són” o “no són” téxels vinculats al treball de “pell fresca”.

		Desitjat		
		Sí	No	
Output	Sí	3147	1981	5128
	No	1264	2401	3665
		4411	4382	8793

Performance	Sí	No
MSE	0,14591983	0,14674459
NMSE	0,9120088	0,91716365
MAE	0,36454998	0,36574491
Min Abs Error	0,12973472	0,14291271
Max Abs Error	0,66527679	0,65842974
r	0,30136807	0,29691016
Percentatge Correcte	71,344368	54,7923317

Taules 5·8 – Resultats de la classificació binària per a la matèria treballada “pell fresca”.

En aquest cas la xarxa neural ha estat capaç de distingir amb prou encert la morfometria dels téxels corresponents a “pell fresca”. Amb tot, el major índex de confusió es crea per classificar allò que “no és” la matèria treballada en qüestió, però convinguem que l'error és menor a l'encert.

Discriminació de la categoria “pell seca” (Taules 5·9)

De la base de dades de téxels total, se seleccionen 8722 téxels, dividits en dos conjunts amb el mateix nombre de casos en funció de si “són” o “no són” téxels vinculats al treball de “pell seca”.

La xarxa neural no ha estat capaç de classificar de forma mínimament correcta la base de dades en funció de la dicotomia presentada com a resultat possible. Com en el

cas de descarni, la xarxa enfront de la confusió ha optat per classificar tots els casos en una de les dues opcions que gaudia, en aquest cas afirmant que tots els t xels corresponien a la matèria treballada sobre la qual se li preguntava.

		Desitjat		
		S�	No	
Output	S�	4269	4453	8722
	No	0	0	0
		4269	4453	8722

Performance	S�	No
MSE	0,36503167	0,27624552
NMSE	2,28246378	1,72730326
MAE	0,45288285	0,40263021
Min Abs Error	0,04444442	7,2675E-05
Max Abs Error	0,84444442	0,80043882
r	-	0,08125875
Percentatge Correcte	100	0

Taules 5-9 – Resultats de la classificació binària per a la matèria treballada “pell seca”.

Discriminació de la categoria “fusta fresca” (Taules 5-10)

De la base de dades de t xels total, se seleccionen 11321 t xels, dividits en dos conjunts amb el mateix nombre de casos en funció de si “són” o “no són” t xels vinculats al treball de la “fusta fresca”.

La xarxa neural no ha estat capaç de classificar de forma mínimament correcta la base de dades en funció de la dicotomia presentada com a resultat possible. El mode d’operar  s idèntic al que hem vist en “pell seca” i “descarni”: davant de la impossibilitat de trobar una regla no lineal de classificació, s’opta per contestar una de les dues opcions possibles sistemàticament.

		Desitjat		
		S�	No	
Output	S�	5760	5561	11321
	No	0	0	0
		5760	5561	11321

Performance	S�	No
MSE	0,22308991	0,17652523
NMSE	1,39474287	1,10362365
MAE	0,39220963	0,38235836
Min Abs Error	0,00849875	0,03581163
Max Abs Error	0,79003199	0,76169094
r	0,06568912	0,13965224
Percentatge Correcte	100	0

Taules 5-10 – Resultats de la classificació binària per a la matèria treballada “fusta fresca”.

Discriminació de la categoria “fusta seca” (Taules 5-11)

De la base de dades de téxels total, se seleccionen 11690 téxels, dividits en dos conjunts amb el mateix nombre de casos en funció de si “són” o “no són” téxels vinculats al treball de “fusta seca”.

La taula evidencia que la xarxa neural en aquest cas ha estat capaç de distingir amb prou coherència els téxels corresponents a “fusta seca”. Per la banda negativa, cal esmentar que ha tingut una certa tendència a confondre els téxels no corresponents a “fusta seca” amb aquesta; amb tot, la classificació correcta dels téxels de “fusta seca” continua sent superior.

		Desitjat		
		Sí	No	
Output	Sí	3917	3089	7006
	No	1968	2716	4684
		5885	5805	11690

<i>Performance</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>
MSE	0,15629703	0,15538403
NMSE	0,97690217	0,97119569
MAE	0,39028271	0,38900244
Min Abs Error	0,2060607	0,18219962
Max Abs Error	0,58856233	0,61108002
r	0,15215187	0,17018537
Percentatge Correcte	66,5590515	46,7872505

Taules 5-11 – Resultats de la classificació binària per a la matèria treballada “fusta seca”.

Discriminació de la categoria “os” (Taules 5-12)

De la base de dades de téxels total, se seleccionen 8282 téxels, dividits en dos conjunts amb el mateix nombre de casos en funció de si “són” o “no són” téxels vinculats al treball d’“os”.

		Desitjat		
		Sí	No	
Output	Sí	1925	1529	3454
	No	2322	2506	4828
		4247	4035	8282

<i>Performance</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>
MSE	0,15825326	0,15800555
NMSE	0,98973144	0,98818219
MAE	0,39579185	0,39538022
Min Abs Error	0,24254605	0,24599078
Max Abs Error	0,55872335	0,55482295
r	0,10667216	0,11068975
Percentatge Correcte	45,3261108	62,1065674

Taules 5-12 – Resultats de la classificació binària per a la matèria treballada “os”.

Aquest cas és una mica semblant a l'anterior de “fusta seca”, però a la inversa. La xarxa neural aprèn millor allò que “no és” que allò que “és”, cas aquest segon on la incorrecció de la classificació és superior a la correcció (45% dels casos). Amb tot, veiem que la major part dels téxels que ha classificat com a “os” (1925 casos enfront de 1529) efectivament ho eren; igualment podem afirmar per al “no”, on la major part dels classificats com a tal (2506 enfront de 2322) efectivament s’hi corresponen. Amb tot, la conclusió general és que no es pot considerar apresada la funció de discriminació per part de la xarxa.

Discriminació de la categoria “petxina” (Taules 5-13)

De la base de dades de téxels total, se seleccionen 8786 téxels, dividits en dos conjunts amb el mateix nombre de casos en funció de si “són” o “no són” téxels vinculats al treball de “petxina”.

		Desitjat		
		Sí	No	
Output	Sí	3225	2449	5674
	No	1229	1883	3112
		4454	4332	8786

<i>Performance</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>
MSE	0,1536327	0,15398326
NMSE	0,96038953	0,96258099
MAE	0,38399558	0,3841497
Min Abs Error	0,16142284	0,17771097
Max Abs Error	0,64573764	0,62618103
r	0,20083367	0,19943754
Percentatge Correcte	72,4068222	43,4672203

Taules 5-13 – Resultats de la classificació binària per a la matèria treballada “petxina”.

La taula evidencia que la xarxa neural en aquest cas ha estat capaç de distingir amb prou coherència els téxels corresponents a “petxina”. Per la banda negativa, cal esmentar que ha tingut una certa tendència a confondre els téxels no corresponents a “petxina”. Ha succeït quelcom similar al vist en “fusta seca”. La xarxa té tendència a dir que “sí” i aquí rau l’error, però val a dir que la major part de casos classificats com “sí” efectivament ho eren (3225 enfront de 2449) i igualment passa amb la classificació del “no” (1883 enfront 1229).

Aquests primers resultats obtinguts es poden considerar prou negatius a grans trets. Una primera asseveració és que un únic tipus de xarxa no és suficient per copsar la complexitat inherent a la fenomenologia de l’alteració d’ús en superfície. Veiem que

depenent quin ha estat el procediment emprat, els resultats han estat prou dispers, obtenint resultats prou bons en la classificació d'unes matèries treballades i negatius amb d'altres, intercanviant-se segons quina fos la xarxa.

Tanmateix, després de reconèixer la limitació dels resultats en primera instància, una anàlisi detallada ens diu que no tot ha estat tan negatiu. He comentat per exemple en els experiments 1, 2 i 3 que molts dels errors que comet la xarxa sovint guarden certa lògica: la xarxa té tendència a confondre matèries de duresa similar. Això ens indica que caldria estudiar la naturalesa de l'error en profunditat; expressat en una pregunta, ¿a què es deu l'error?: ¿A una mala base de dades, sent llavors que hi ha algun tipus de tétel que confon més que altre? ¿O és que la xarxa no dóna per a més? ¿O és que el fenomen és tan complex que comportarà necessàriament índexs d'error indefugibles? El més possible és que l'error real vingui donat per una combinació de les tres causes, tal com alguns indicis indiquen. Tinguem en compte per altra banda que els resultats obtinguts en les estadístiques del capítol 4, tampoc s'han obtingut resultats discriminatoris entre categories evidents i indiscutibles, sinó que simples tendències.

Així mateix, ens podríem plantejar la possibilitat que unes matèries treballades fossin majorment ben classificades per unes arquitectures donades, que comprenen majorment la seva naturalesa. El primer experiment ha mostrat una clara tendència a considerar les matèries treballades en els extrems de l'escala de duresa i menystenir les altres. En el tercer, treballant amb els tétels de major grandària obteníem índex d'encert majors i més compensats per les diferents matèries treballades, valga dir que en cap cas decisivament definitoris; valga dir també que hauríem de pensar si una base de dades més estreta quantitativament i qualitativa ha permès a la xarxa moure's amb menys variabilitat i llavors amb menys confusió, trobant una definició que possiblement no sigui gaire representativa (insistim que els índex d'encert no són per tocar campanes al cel).

Veiem que les xarxes amb decisió binària han funcionat prou correctament en “petxina”, “fusta seca”, “pell fresca” i mitjanament en “os”, però en les altres matèries treballades han fracassat estrepitosament. Això ve a indicar que hi ha casos que davant la dicotomia, la xarxa encara s'embolica més. Això en principi ens hauria d'indicar que la variabilitat dintre de les matèries treballades amb mals resultats és molt alta i impedeix la definició. Hem de tenir en compte que la naturalesa del grup de contrast que integra la resposta negativa –“NO”– és més complexa que la del grup de tétels de la matèria treballada que es vol definir –sota el “SÍ”–; en el “NO” s'integren 6 matèries

treballades i el “SÍ” és homogèniament integrat per una sola. Això hauria de facilitar la classificació òbviament, però veiem que no és el cas, almenys en tots els casos. Però després d’aquesta facilitat, el problema pot ser dilucidar quan un tèxel del grup del contrast integrat en el “NO” el classifica com a “SÍ”, a quina raó es deu: si és coherent a què el tèxel concret que confon és d’una duresa similar o si pel contrari no té res a veure; perdem capacitat d’anàlisi de l’error. El problema també pot ser que dintre del “NO”, representat per una fenomenologia ampla, el “SÍ” pugui ser inclòs, però a la inversa no, doncs el “SÍ” està vinculat a una fenomenologia de característiques més restringida. Ja per acabar cal comentar què pot significar que el “NO” sigui millor identificat que el “SÍ”, com succeeix en “os”; la conclusió en principi seria que la definició d’“os” és pobra o massa restringida a un nombre de tèxels molt reduït dintre del conjunt total.

5.4.1.2 Experiments amb la base de dades d’imatges.

Posteriorment als experiments amb la base de dades de tèxels i haver espremut les possibilitats que donava, vam decidir continuar amb la base de dades de mitges de les imatges²⁰⁰.

Hi hagué diversos intents més o menys reeixits, però amb tot prou semblants, per la qual cosa només presentaré l’experiment Mitges 2, que fou amb el que obtinguérem millor resultats, i el seu subsegüent per comprovar la capacitat d’aprenentatge adquirida per la xarxa.

Es construeix una xarxa d’arquitectura més aviat senzilla per entomar la tasca: 35 *inputs* –corresponents al total dels atributs definitoris de cada imatge–, una capa intermitja oculta de 15 nodes i, tal com abans, 7 *outputs* possibles –corresponents a les 7 matèries treballades amb què juguem–. La funció emprada és de retropropagació del

²⁰⁰ Recordaré que amb aquesta base de dades no vam desenvolupar una estadística d’alt abast, donat que l’anormalitat manifesta en la distribució dels tèxels, en tant i en quant dels seus atributs, comportava que la mitja fos irrellevant com a indicador de res. Recordem també que amb els tèxels la normalitat tampoc es complia, per la qual cosa vam acabar desenvolupant estadístiques no-paramètriques. Val a dir però que tot i mantenir-se l’anormalitat en les distribucions dels valors dels atributs per als tèxels integrats dintre de cada imatge, la tendència era vers una major normalitat; en altres paraules, la normalitat era superior dintre de la imatge que tenint en compte tot el conjunt de tèxels que representaven el fenomen de l’ús en totes les imatges. Això no deixa de ser plausible, tenint en compte que cada imatge en sí és un individu independent fins cert punt, amb uns tèxels provocats per un procés en el qual els factors formatius han actuat de forma quasi idèntica. Llavors la similaritat entre els elements de textura que s’integren dintre del seu marc no ha d’estranyar que tendixin majorment a ser similars si els comparem amb els d’una altra imatge. Amb tot, val a dir que, vistos els primers resultats obtinguts amb la base de dades de tèxels, les expectatives d’èxit que intuïem eren gairebé nul·les.

gradient amb moment. La base dades per a l'aprenentatge es compon de 496 casos, corresponent a una selecció aleatòria del 75% de la base de dades d'imatges.

Els resultats són evidenciats en les taules 5·14 i 5·15. Comprovem que d'una forma evident la xarxa ha encertat en la classificació dels casos segons la seva matèria treballada. Només “os” i “fusta fresca” obtenen percentatges inferiors al 50% d'encert. Encara milloren els percentatges d'encert obtinguts, si analitzem la natura de l'error: “os” es confon majorment amb “petxina”, així mateix “petxina” amb “os”; “fusta fresca” amb “fusta seca” i, tot i no haver reciprocitat plena, “fusta seca” es confon amb “fusta fresca” i “os”; “descarni” es confon amb “pell fresca” i, recíprocament, “pell fresca” amb “descarni”²⁰¹.

Cara a comprovar si la xarxa “ha après” una funció discriminatòria real, o pel contrari ha dut a terme una simple “memorització” dels casos, vam realitzar un test del *training* en el qual vam emprar l'usual 15% de les imatges que no havien estat emprades en l'experiment anterior; el nombre brut seleccionat és de 106 casos.

Els resultats són presentats en les taules 5·16 i 5·17. La primera observació és que l'estretor de la mostra ha condicionat en gran mesura els resultats per a “pell fresca”, que d'un primer moment ja compta en la base de dades original amb menys casos que les altres matèries treballades; ara només s'han seleccionat dos casos i tots dos han estat confosos, això sí, amb la matèria treballada de duresa més similar, “descarni”. Amb tot és evident que dos casos no són representatius de gaire cosa. Pel que fa a la resta, es fa evident que els resultats lliguen amb els anteriors.

Filant més prim, l'anàlisi de sensitivitat ens aporta informació sobre quins han estat els *inputs*/atributs que han determinat majorment la classificació obtinguda, en aquest cas correcta²⁰²: “Mitja de l'elongació” (MNELO), “mitja de la circularitat” (MNCIR), “mitja de la ràtio circularitat/estretor” (MNRCT), “mitja de la compacitat B” (MNCOB), “desviació estàndard de l'elongació” (SDELO), “desviació estàndard de la circularitat” (SDCIR), “desviació estàndard de la ràtio circularitat/estretor” (SDRCT) i “desviació estàndard de la compacitat B” (SDCOB).

²⁰¹ Igualment amb “pell seca”, que pot ser un tant distorsionador, però és compensat pel baix error amb “pell fresca” i “descarni”. Convinguem que ja més estrambòtica és la confusió entre “pell seca” i “fusta seca”, però dintre del global de resultats positius ens preocupa poc.

²⁰² Cal fer esment que si en els experiments amb la base de dades de t xels no hem aplicat una anàlisi de sensitivitat, és degut a que els resultats primers són tan pobres que en si no ens aportaria cap informació addicional. En paraules m s planeres, pren sentit analitzar quines variables han tingut més significança en la classificació quan aquesta és mitjanament la correcta; en quan la classificació  s incorrecta, es torna absurd saber quina variable ha provocat major despropòsit.

		Desitjat							
		Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Pell fresca	Fusta Fresca		Petxina
Output	Os	55	0	0	6	1	3	10	75
	Descarni	8	43	4	2	5	1	0	63
	Pell seca	13	4	46	6	0	6	3	78
	Fusta seca	13	1	12	43	1	13	4	87
	Pell fresca	3	17	7	3	18	0	0	48
	Fusta Fresca	10	1	5	6	0	28	8	58
	Petxina	20	1	6	5	0	11	44	87
		122	67	80	71	25	62	69	496

Taula 5-14 – Resultats de l'experiment Mitges 2 amb la Xarxa Neural.

Performance	Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Pell fresca	Fusta Fresca	Petxina
MSE	0,143399874	0,06267775	0,09836293	0,096211277	0,04055769	0,085261362	0,089219026
NMSE	0,773180141	0,53646899	0,727129043	0,784408071	0,847375	0,779532452	0,744978716
MAE	0,23777994	0,14557341	0,196632178	0,205438155	0,1137552	0,191024605	0,195083882
Min Abs Error	1,16E-05	8,21E-05	0,000600324	0,000657687	0,00024336	2,77E-05	2,77E-04
Max Abs Error	1,038845534	0,99803736	0,996196367	0,977903978	0,93526835	1,034158516	0,981890851
r	0,512532359	0,71167153	0,539754818	0,477324238	0,49986714	0,470926789	0,511966076
Percentatge Correcte	45,08196721	64,1791045	57,5	60,56338028	72	45,16129032	63,76811594

Taula 5-15 – Percentatges d'incert i error de la classificació en l'experiment Mitges 2.

<i>Sensitivitat</i>	<i>Os</i>	<i>Descarni</i>	<i>Pell seca</i>	<i>Fusta seca</i>	<i>Pell fresca</i>	<i>Fusta fresca</i>	<i>Petxina</i>
MNELO	0,016	0,034	0,041	0,024	0,022	0,053	0,021
MNCIR	0,119	0,022	0,069	0,493	0,263	0,215	0,745
MNRCT	1,065	0,289	0,974	1,483	0,246	0,481	0,684
MNCOB	1,099	0,060	0,617	0,404	0,218	0,632	0,295
SDELO	0,042	0,003	0,039	0,117	0,021	0,053	0,088
SDCIR	0,594	0,284	0,569	0,030	0,187	0,341	0,027
SDRCT	0,434	0,051	0,309	0,454	0,007	0,281	0,135
SDCOB	1,813	0,464	1,629	2,659	0,088	0,209	0,568

Taula 5-18 – Índexs de l'anàlisi de sensibilitat

Caldria apuntar com a primera observació que els *inputs* més rellevants coincideixen amb la mitja i la desviació estàndard dels mateixos atributs primaris tal qual apareixen en la base de dades de t xels: “elongació”, “circularitat”, “ràtio circularitat/estretor” i “compacitat B”. Aix  ens ha de fer pensar que aquests atributs de forma dels t xels ja carreguen informació inserida de caràcter discriminant; és a dir, que tant hi fa si en la seva tendència mitja o en la seva dispersió de valors, es defineixen particularment segons quina sigui la matèria treballada.

Els gràfics de correlació *input/output* corroboren que existeix una bona discriminació per a matèries treballades en aquestes variables (Arxiu B-13: full “Test2 Report”). Si ens fixem però amb les variables que han quedat com poc significatives en l’anàlisi de sensibilitat, podem comprovar com de fet algunes d’aquestes tenen el seu paper en la discriminació, malgrat que només sigui per a un/s *output/s* específic/s.

Per filar més prim, també vam fer gràfics de regressió en els quals els eixos *x* i *y* corresponien als *inputs* més significatius per obtenir una bona classificació i l’*output* calculat (Arxiu B-14). La llegenda de colors refereix a l’*output* real que correspondria a cadascun dels casos. Com podem comprovar els R-quadrat són força baixos, no sobrepasant en cap dels casos el valor $0,3^{203}$, fet que apunta a que cada *input* en solitari poca relació té amb la correcta classificació final.

Aix  fa palès que el procés de discriminació que empra la xarxa neural  s força complex i no lineal. De fet considerem que aquesta és la causa del fracàs de l’experiment Mitges 3, el qual s’ha dut a terme només inserint com a *inputs* aquelles variables que en l’anàlisi de sensibilitat indicava que havien aportat m s informació.

²⁰³ Recordem que el valor que indicaria una relació absoluta en l’R-quadrat  s 1.

		Desitjat							
		Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Pell fresca	Fusta Fresca		Petxina
Output	Os	10	0	0	3	0	0	2	15
	Descarni	2	5	1	0	2	0	0	10
	Pell seca	4	1	5	1	0	5	1	17
	Fusta seca	2	0	2	8	0	4	3	19
	Pell fresca	1	6	1	0	0	0	0	8
	Fusta Fresca	3	1	0	3	0	4	2	13
	Petxina	6	0	1	1	0	3	13	24
		28	13	10	16	2	16	21	106

Taula 5-16 – Resultats del Test del Training de l'experiment Mitges 2 amb la Xarxa Neural.

Performance	Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Pell fresca	Fusta Fresca	Petxina
MSE	0,189510458	0,06059582	0,081938626	0,107495194	0,04058907	0,105790906	0,115179464
NMSE	0,974972301	0,56315517	0,95902333	0,838761113	2,19259052	0,825462932	0,725017623
MAE	0,288310253	0,13351246	0,176192018	0,220250224	0,1109975	0,222531208	0,239266417
Min Abs Error	5,70E-03	2,44E-05	0,000636095	0,002895048	5,08E-04	3,77E-04	3,08E-04
Max Abs Error	1,01503166	0,9161227	0,988231402	0,969038239	0,67488238	0,883680903	0,868039744
R	0,318566821	0,70560184	0,319416415	0,422455527	0,28249028	0,421356038	0,530371619
Percentatge Correcte	35,71428571	38,4615385	50	50	0	25	61,9047619

Taula 5-17 – Percentatges d'encert i error de la classificació en el Test del Training de l'experiment Mitges 2.

		Desitjat							
		Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Pell fresca	Fusta Fresca	Petxina	
Output	Os	28	6	1	6	1	3	3	48
	Descarni	38	36	23	3	14	18	8	140
	Pell seca	16	14	29	12	6	11	12	100
	Fusta seca	25	1	2	29	1	10	20	88
	Pell fresca	4	1	2	1	0	1	1	10
	Fusta Fresca	9	6	14	9	2	22	11	73
	Petxina	9	1	4	9	0	6	8	37
		129	65	75	69	24	71	63	496

Taula 5-19 – Resultats de l'experiment Mitges 3 amb la Xarxa Neural.

Performance	Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Pell fresca	Fusta Fresca	Petxina
MSE	0,185358357	0,10477874	0,119178923	0,104911321	0,05599492	0,116129073	0,108598658
NMSE	0,963207264	0,92012303	0,928580263	0,876009353	1,21607041	0,946797353	0,979398348
MAE	0,29609802	0,21731282	0,234977574	0,214151583	0,17475747	0,232790653	0,226549436
Min Abs Error	1,40E-03	4,24E-04	0,000163887	0,00843942	3,05E-03	3,09E-03	2,71E-02
Max Abs Error	0,958136879	0,97980674	0,926365376	0,94672763	0,94336165	0,963303374	0,956681422
R	0,316801668	0,29100855	0,273886403	0,358873607	0,10192929	0,233451714	0,163023137
Percentatge Correcte	21,70542636	55,3846154	38,66666667	42,02898551	0	30,98591549	12,6984127

Taula 5-20 – Percentatges d'encert i error de la classificació en l'experiment Mitges 3.

Tenim els resultats en les taules 5·19 i 5·20; comprovem que els índexs d'encert són inferiors als obtinguts amb totes les variables (Taula 5·19). Concloem que el procediment correcte ha d'implicar a tot el conjunt dels *inputs* inicials²⁰⁴.

En definitiva, concloem que els resultats obtinguts en els experiments amb la base de dades de mitges són prou reeixits, lluny de les expectatives primeres. S'evidencia que la informació discriminant inserida en els valors de síntesis de les imatges (mitges i desviacions estàndard) vinculades a un ús concret són molt més definitòries que no el conjunt dels seus t xels, que presenta una excessiva variabilitat per ser aprehesa.

Per la banda negativa, hem detectat que la xarxa ha mostrat una certa tendència a la memorització en detriment de l'aprenentatge. Amb tot, els resultats del test posterior a l'entrenament de l'experiment Mitges 2 ens ha mostrat que l'aprenentatge existeix; malgrat que els índexs d'encert siguin inferiors, continuen sent prou elevats com per jutjar-los com a positius. Insistir  en aquests experiments en la valoració positiva de l'error, en parer esment que fins i tot l'error ha solgut mantenir una l gica: la xarxa s'ha conf s majorment amb matèries treballades de duresa més similar. Aix  ens confirma que darrera del funcionament de la xarxa hi ha una l gica de classificació.

5·4·2 Resultats dels experiments per a cinemàtica.

Abans de presentar els resultats de les xarxes respecte a la cinemàtica, vull recordar el poc èxit obtingut amb les estadístiques quant a discriminació. Recordem també que relacion vem aquest "fracàs", recolzant-nos en altres treballs previs (TOSELLI et al. 2002), en qu  l'interval de lluminositat triat per aquest treball no reflecteix òptimament el fenomen de la cinemàtica (veure subcapítol 4·8·2). I ara ho vull remarcar perquè, com veurem al final d'aquest subcapítol, els resultats han estat sorprenents en darrera instància i contra pronòstic molt positius. Hem obtingut molt bona discriminació amb les tres categories amb què jugàvem.

També vull parer esment que, malgrat l'èxit obtingut amb els treballs previs, no hem volgut en la continuació del treball que aquests el condicionessin en excés.

²⁰⁴ Aix  no implica que renunci  a la crítica contra l'inflament de variables en les an lisis convencionals (veure subcapítol 1·1·3). Una cosa són els resultats obtinguts mitjan nt tècniques matemàtiques –com ara– i l'altra les intuïcions gratuïtes d'un investigador que no contrasta les seves hipòtesis sobre la pertinència d'un atribut de les traces d' s per a la discriminació de l' s. A banda de tot, l'anàlisi de sensitivitat no nega l'aportació dels *inputs* menys significatius en l'*output* calculat, sinó que la circumscriu.

Troband-nos amb unes noves bases de dades –més extenses i amb més *inputs* possibles– partíem del supòsit que els resultats podien ser diferents, fins i tot més rics. Així, hem començat l’exploració de les bases de dades com si no sabéssim res, amb la possibilitat de confirmar els resultats fins ara obtinguts o com a alternativa trobar nous camins per discriminar la cinemàtica. Com veurem, han succeït les dues coses.

5.4.2.1 Experiments amb la base de dades de téxels.

Com en els experiments per dilucidar la matèria treballada, comencem fent un intent de classificació per a la base de dades de téxels. Per tal que les categories de cinemàtica estiguessin compensades en nombre de casos, vam crear una nova base de dades on seleccionàrem 32252 téxels, dividits en tres grups: “L” (longitudinal; 10.610 casos), “T” (transversal; 10.955 casos) i “L(T)” (longitudinal amb trets transversals; 10.687).

		Desitjat			
		T	L(T)	L	
Output	T	10938	10682	10597	32217
	L(T)	11	3	7	21
	L	6	2	6	14
		10955	10687	10610	32252

<i>Performance</i>	<i>T</i>	<i>LT</i>	<i>L</i>
MSE	0,380600802	0,371309679	0,36856553
NMSE	1,696884158	1,675885325	1,66961078
MAE	0,395324409	0,386959223	0,38449611
Min Abs Error	0,049956974	0,020288229	0,05345275
Max Abs Error	1,055555582	1,055555571	1,05555557
r	-0,00756078	-0,00075136	0,0084315
Percentatge Correcte	99,84481812	0,028071489	0,05655043

Taula 5-21 – Resultats de l’Experiment nº4 amb la Xarxa Neural i percentatges d’encert i error de la classificació.

La xarxa neural es configura amb una capa d’entrada de 20 *inputs* –corresponents a tots els atributs– i una de sortida amb tres *outputs* –corresponents als tres moviments que teníem en compte–. La capa oculta compta amb 140 nodes per calcular la funció no-lineal de discriminació.

Es duen a terme diversos experiments i els resultats concrets són força decebedors. En la taula 5-21 mostrem els resultats de l’Experiment nº4. Tal com succeïa en d’altres experiments dedicats a dilucidar la “matèria treballada”, la xarxa no ha encertat per res en la classificació. El 99% d’encerts per a “T” és il·lusori, doncs la xarxa ha tingut tendència a classificar majorment tot el paquet de dades dintre d’aquesta categoria. Podem inferir llavors que no ha trobat característiques discriminants.

Per altra banda, els pobres resultats no justifiquen dur a terme una anàlisi de sensibilitat i un posterior experiment amb els atributs que més significat han tingut en la classificació definitiva –absurd tenint en compte que la classificació positiva no s’ha produït de cap de les maneres–. Tanmateix, seguint els resultats obtinguts anteriorment, presentats en el congrés del CAA 2004 de Viena (BARCELÓ, PIJOAN 2004) i al monogràfic d’anàlisi funcional a Verona 2005 (TOSELLI et al. 2005), vam voler realitzar un altre intent –Experiment nº5– restringint el número d’*inputs* a aquells atributs que hem certificat mantenen una major relació amb la determinació de la cinemàtica –“angle”, “elongació” i “circularitat”– i els de magnitud tret d’“àrea” –de fet nombres base de les equacions d’“elongació” i “cinemàtica”–. En total l’arquitectura constava de 6 *inputs* i una capa oculta amb 50 unitats de processament –o nodes–, així com evidentment continuant amb el 3 *outputs* possibles de l’experiment anterior. L’algoritme d’aprenentatge fou de retropropagació del gradient amb moment.

		Desitjat			
		T	L(T)	L	
Output	T	2183	1953	1951	6087
	L(T)	4538	5381	4023	13942
	L	4234	3353	4636	12223
		10955	10687	10610	32252

<i>Performance</i>	<i>T</i>	<i>LT</i>	<i>L</i>
MSE	0,223630908	0,217871485	0,2184043
NMSE	0,99704398	0,983350685	0,98937676
MAE	0,446211346	0,43553379	0,43997147
Min Abs Error	0,01338928	0,000128829	0,25742559
Max Abs Error	0,765324296	1,005461226	0,74064746
r	0,055830562	0,129640214	0,10523243
Percentatge Correcte	19,92697398	50,35089361	43,6946277

Taula 5-22 – Resultats de l’Experiment nº5 amb la Xarxa Neural i percentatges d’encert i error de la classificació.

En la taula 5-22 mostrem els resultats de l’Experiment nº5. Podem comprovar que la taxa d’encert és significativament major, però sobretot, i més important, el cert grau de concatenació entre les categories “L(T)” i “L”, com era d’esperar. Amb tot, vinculem les altes taxes d’error final a l’elecció d’un interval de lluminositat de selecció dels téxels no pertinent per al perfilament de la cinemàtica a la que estan vinculats, com ja apuntàvem en el subcapítol 4-8. Concloïem que sí que existeix un nombre de téxels molt elongats que s’orienten d’acord amb la cinemàtica d’ús, però per al interval de lluminositat triat aquesta elongació havia de ser molt alta →7– i integrava a un nombre excessivament reduït de téxels respecte al conjunt de la base de dades –un 1 % aproximadament– com per considerar-se significatiu i una eina útil per emprar en la

classificació d'imatges o t xels segons la cinemàtica. Per acabar, també confirmem la menor definició de la categoria ‘‘T’’ respecte les dues longitudinals.

5.4.2.2 Experiments amb la base de dades d'imatges.

Posteriorment a aquests experiments, apertem de moment el treball amb la base de dades de t xels per passar a explorar les de la base de dades de mitges. Igualment com en els experiments per definir la matèria treballada, la base dades per a l'aprenentatge es compon de 496 casos, corresponent a una selecció aleatòria del 75% de la base de dades d'imatges.

		Desitjat			
		L	T	L(T)	
Output	L	196	43	0	239
	T	39	125	0	164
	L(T)	20	13	60	93
		255	181	60	496

Performance	T	L	L(T)
MSE	0,159825824	0,147879337	0,04246132
NMSE	0,639813032	0,63808968	0,39931823
MAE	0,329403594	0,323901311	0,11522324
Min Abs Error	0,00045138	0,004611709	0,00018303
Max Abs Error	0,989362897	0,963606931	0,96977332
r	0,615687356	0,612099014	0,80227518
Percentatge Correcte	76,8627451	69,06077348	100

Taula 5.23 – Resultats del processament amb la base dades de mitges per al procés amb cinemàtica i percentatges d'encert i error de la classificació.

Aquests experiments aporten resultats positius que ara passo a presentar²⁰⁵. Després de diversos intents amb diferents arquitectures de xarxa, els millors resultats s'obtenen amb una xarxa amb 35 *inputs*, una capa oculta de 13 unitats o nodes i els 3 *outputs* ja coneguts.

Els resultats són presentats en la taula 5.23 i són prou explícits. L'èxit en la classificació  s rotund, per sobre del 50% i al voltant del 70%. No ens hauria d'acontentar tant que la confusió de ‘‘L’’ i ‘‘T’’ sigui major que no respecte a la seva categoria intermitja ‘‘L(T)’’²⁰⁶.

²⁰⁵ Recordar  de nou que, com en la feina desenvolupada per dilucidar la ‘‘matèria treballada’’, amb aquesta base de dades no vam desenvolupar una estadística d'alt abast. En aquest cas la causa no era l'anormalitat en la distribució dels t xels; més aviat, ara consideràvem que els indicadors d'angle i elongació –donat que atenyien a un nombre molt reduït de t xels– en integrar-los en una mitja i desviació estàndard comunes per a tota la imatge, el seu poder discriminant es diluiria en l'error de la major part de t xels –amb angles no-discriminants. Tanmateix, deslliurant-nos d'idees a priori, vam tirar endavant el processament de la base de dades d'imatge sota el criteri de dilucidar la ‘‘cinemàtica’’.

²⁰⁶ Amb el 100% de L(T) detectem un problema que, ara de moment, ens obliga a deixar aquest ‘‘ xit’’ absolut sense comentar i en quarantena. Posteriorment ja ho reprendr  abastament.

Sensitivitat	L	T	L(T)
MNCIR	0,231	0,152	0,079
MNREA	3,006	2,150	0,856
MNCOB	0,600	0,424	0,176
SDRCT	0,101	0,065	0,036
SDREA	0,544	0,409	0,135
SDCOB	0,893	0,568	0,326

Taula 5-24 – Índexs majors de l’anàlisi de sensibilitat del processament amb la base dades de mitges.

L’anàlisi de sensibilitat ens indica diferències notables en la significació dels atributs en la classificació (Taula 5-24). Observem que “rectangularitat B” i “compacitat B” són atributs significatius tant en la seva mitja com desviació estàndard, el qual ens hauria de fer pensar que en si mateix l’atribut ja conté informació discriminant a banda del seu còmput. Altres atributs amb una significança rellevant –però de fet molt menor que els quatre anteriors, sempre per sobre de 0’4– són la mitja de “circularitat” i la desviació estàndard de “ratio circularitat/estretor”.

		Desitjat			
		L	T	L(T)	
Output	L	203	128	50	381
	T	11	28	0	39
	L(T)	2	3	0	5
		216	159	50	425

Performance	T	L	L(T)
MSE	0,229906477	0,220734653	0,09432067
NMSE	0,919875453	0,942691556	0,90862247
MAE	0,467320772	0,444914659	0,1958019
Min Abs Error	0,046433467	0,100546646	9,06E-05
Max Abs Error	0,751482903	0,752675046	0,94864086
r	0,291120186	0,249027464	0,31240736
Percentatge Correcte	93,98148148	17,61006289	0

Taula 5-25 – Resultats del processament per al procés amb cinemàtica i amb els atributs més rellevants segons l’anàlisi de sensibilitat i percentatges d’encert i error de la classificació.

Seguint aquests resultats, duem a terme un experiment amb una xarxa d’arquitectura idèntica a l’anterior, però ara amb els 6 *inputs* corresponents als atributs que l’anàlisi de sensibilitat ha considerat rellevants en la classificació. Els resultats apunten a que la correcta classificació es desmunta totalment (Taula 5-25); tot es confon amb “L” –de forma absoluta “L(T)”–. Val a dir que els índexs de sensibilitat dels atributs més rellevants eren superiors en “L” que no en els altres 2 *outputs*, però també era superior l’índex de classificació correcta de “L”, fet que ens hauria de fer creure que “L” és una categoria millorment definida i que amb aquests nous resultats es

desmenteix. Però després d'aquestes petites observacions, la conclusió definitiva és que un major nombre d'atributs ajuden a una classificació correcta. Això pot voler dir que, tot i que el poder discriminant dels atributs més irrellevants és poc, no deixa per això d'existir i pot ser de gran valor en casos particulars concrets d'indefinició.

Tornant a avaluar els resultats de l'experiment anterior a aquest que acabo de comentar, vam detectar un fet extremadament sospitós –al menys per al que havia estat la tònica de l'“error” a la que estàvem habituats–: la classificació totalment correcta de l'*output* “L(T)” –longitudinal amb tendència transversal–. Sabent que tots els casos de “L(T)” corresponien a una sola matèria treballada –“descarni”– va sorgir la idea que la correcta classificació es deuria possiblement a que la xarxa en classificar aquesta categoria de cinemàtica, no ha tingut en compte els atributs –*inputs*– només com a definidors d'aquest aspecte de l'ús, sinó que també com definidors de la matèria treballada. És a dir, molt possiblement la xarxa ha classificat “treball sobre carn amb os longitudinal amb trets transversals” enfront d'altres dues categories que només es podien identificar purament per la cinemàtica, doncs dintre d'elles estaven englobades diverses matèries treballades. És normal, tenint en compte això, que la categoria “L(T)” estigués sobreperfilada enfront de les altres, perquè als efectes de classificació no referia a una categoria de cinemàtica pura. El resultat de l'experiment posterior amb els atributs tinguts en compte per l'anàlisi de sensitivitat –on la categoria “L(T)” obté un resultat nefast, sent equiparada a “L”– ens reforçà a creure que la xarxa ha actuat sota aquesta confusió. Amb tot, considerem que els resultats apunten a quelcom, doncs no podem oblidar que les categories “L” i “T” també han obtingut índexs d'encert molt elevats.

La solució al problema plantejat al paràgraf anterior va resultar senzilla: dur a terme uns altres experiments eliminant la categoria “L(T)”, esborrant de la base de dades els casos que la representaven. Tret d'aquest canvi, que només afecta al fet que la xarxa ara tindrà dos *outputs* –“L” i “T”–, l'arquitectura de la xarxa és absolutament idèntic a l'emprat en els dos experiments anteriors.

En la taula 5·26 s'evidencia que els resultats continuen sent excel·lents. Hi ha un canvi significatiu als resultats obtinguts fins ara: s'identifica amb més facilitat la cinemàtica “transversal” que no la “longitudinal”. No em encertat encara a identificar la raó d'aquest fet. Un test de l'aprenentatge –*training*– d'aquest processament, amb tot, ens torna a indicar que com a “aprehesa” –contraposant-se a “memoritzada”– ho ha estat més la categoria “L” una altra vegada (Taula 5·27).

		Desitjat		
		T	L	
Output	T	134	79	213
	L	35	184	219
		169	263	432

Performance	T	L
MSE	0,17187672	0,17045282
NMSE	0,72167572	0,71569707
MAE	0,34909597	0,34794769
Min Abs Error	0,0010872	0,0006231
Max Abs Error	1,00979426	1,0094171
r	0,63912418	0,64429302
Percentatge		
Correcte	79,2899408	69,9619772

Taula 5-26 – Resultats del processament amb la base dades de mitges per al procés amb cinemàtica i dos outputs i percentatges d'encert i error de la classificació.

El test de sensibilitat ens apunta a certes diferències a quan jugàvem amb tres *outputs*, però no gosaria a dir que siguin enormement significatives. La xarxa ha operat majorment tenint en compte els mateixos *inputs* (veure taules 5-28 i 5-24); 4 sobre 6 són els mateixos en tots dos experiments –MNCIR, MNCOB, SDRCT i SDCOB–. Els dos que apareixen ara són MNRCT i SDELO, tornant a guanyar protagonisme en la definició de la cinemàtica l'atribut “elongació” –tot i que aquest aspecte no el considero gaire rellevant en no ser contrastable.

		Desitjat		
		T	L	
Output	T	24	18	42
	L	14	37	51
		38	55	93

Performance	T	L
MSE	0,23851053	0,2391544
NMSE	0,98702277	0,98968727
MAE	0,42114787	0,4236786
Min Abs Error	0,01086921	0,00621999
Max Abs Error	1,0095889	1,0125304
r	0,35178658	0,35694298
Percentatge		
Correcte	63,1578947	67,2727273

Taula 5-27 – Resultats del test del training per a l'experiment a Taula 5-26 i percentatges d'encert i error de la classificació.

Ja per últim, el que ens queda fer és contrastar com funcionaria una xarxa neural, d'estructura idèntica a l'anterior, només amb els *inputs* corresponents als de major d'índex de sensibilitat en l'experiment anterior, comprovant així com sempre si existeixen nivells de redundància en la definició dels casos.

<i>Sensitivitat</i>	<i>T</i>	<i>L</i>
MNCIR	0,146	0,207
MNRCT	0,356	0,454
MNCOB	1,397	1,467
SDELO	0,114	0,120
SDRCT	0,463	0,538
SDCOB	1,790	2,208

Taula 5-28 – Índexs majors de l'anàlisi de sensibilitat del processament amb la base dades de mitges.

Els resultats s'evidencien en la Taula 5-29 i són clars: la classificació global és sensiblement pitjor. Veiem que "L" ha obtingut una prou bona classificació, millor en principi, però "T" es derrueix amb un percentatge molt inferior a l'anterior i que ni tan sols arriba al 50% dels casos.

		Desitjat		
		T	L	
Output	T	34	14	48
	L	150	234	384
		184	248	432

<i>Performance</i>	<i>T</i>	<i>L</i>
MSE	0,22638815	0,22435175
NMSE	0,92587355	0,91754514
MAE	0,45838494	0,45558855
Min Abs Error	0,02616829	0,01196111
Max Abs Error	0,73439998	0,71054833
r	0,27740804	0,2971074
Percentatge Correcte	18,4782609	94,3548387

Taula 5-29 – Resultats del processament per al procés amb cinemàtica i amb els atributs més rellevants segons l'anàlisi de sensibilitat i percentatges d'encert i error de la classificació

Es podria afirmar que "L" ha estat ben classificada i que hi ha una tendència – fins i tot en els experiments que hem considerat fallits– a que amb aquest *output* obtinguem millors resultats. Aquesta és la lectura positiva que es pot fer quant a experiment si es jutja el funcionament de la xarxa, però als efectes de la classificació global del fenomen i cara a que pensem en una possible aplicació del mètode a casos no experimentals, el fracàs és palmari: si hi ha "T" que es classifica com "L", el resultat global és que cap dels dos *outputs* pot ser ben classificat i amb això tampoc el fenomen.

5-5 Conclusions generals.

En aquestes conclusions em vull cenyir a reflexions que impliquem només al treball amb les xarxes neurals, abans de les grans conclusions que tancaran aquest projecte d'investigació.

Els resultats són evidentment positius, fins i tot en l'error. Ja n'he parlat una mica abans, al llarg del capítol: l'error en molts dels experiments per dilucidar la matèria treballada ha estat en coherència a similituds en una escala de duresa de les diferents matèries treballades. Fins i tot, gosaria afirmar que aquest error pot resultar-nos més positiu que un encert absolut en la classificació que no sabéssim a què respon, doncs d'aquesta manera sabem amb seguretat que la xarxa està raonant en coherència a una lògica en l'estructura de les dades –i de la Realitat– i que els atributs amb els quals hem descrit el fenomen són pertinents.

Respecte als bons resultats obtinguts amb la base de dades de síntesi d'atributs de les imatges, insistiré que han resultat sorprenents en gran mesura. Tenint en compte la manca d'esperança a què apuntaven els resultats obtinguts amb l'estadística.

Tot plegat, tenint en compte que l'objectiu d'aquest projecte d'investigació era la definició del fenomen de l'alteració d'ús en superfície, mitjançant tècniques quantitatives i amb la innovació de la Intel·ligència Artificial, podem concloure que els resultats han estat un èxit absolut.

Hem entès també que l'alteració d'ús en superfície respon a un fenomen amb un procés formació “caòtic” –emprant llenguatge de la física– al darrera. En conseqüència, no deixa de ser evident que la definició gnoseològica que haurem d'extreure haurà de ser emprant una lògica no-lineal, amb la intervenció de múltiples *inputs* definidors a diferent escala i interrelacionant-se entre si. Amb tot, convinguem que això és quelcom molt diferents que pegar trets a l'aire i hipotetitzar sobre possibles atributs plausibles per la definició de l'alteració d'ús en superfície.

6- Conclusions.

Com ja vaig parlar en la introducció, la present tesi doctoral ha emprat la tecnologia computacional com a un mitjà per “fer filosofia” de la disciplina, les anàlisis de traces d’ús. El principal en tot moment ha estat la filosofia.

Nogensmenys, la forma d’abordar aquesta “filosofia” es pot entendre sobre dues vessants: 1) sobre l’objecte ontic que ens ocupa i/o 2) sobre la generalitat gnoseològica que nosaltres assolim. Evidentment, als efectes hi ha una concatenació absoluta entre els dos aspectes i no les separaré en el text que ve a continuació, però d’alguna forma ens hem d’organitzar el pensament.

I dit tot el que es pot dir en aquests aspectes, ja en darrera instància també es fa imperatiu de dur a terme una reflexió sobre la tècnica emprada i si d’ella se’n poden treure cinc duros de calaix cara a un futur.

I també en darrera instància caldran unes reflexions sobre on han pogut estar les errades, idees per solventar-les i vistes a futur sobre el profit que se’n pot extreure del present treball.

6.1 Obrint la “caixa fosca”... o la de Pandora.

Seguint l’argument que les estadístiques del capítol 4 ens havien de servir com element de contrastació dels crítics resultats mitjançant les Xarxes Neurals, ha de resultar obvi que cal uns comentaris dels resultats començant pels obtinguts en les Xarxes Neurals. Suposadament, ajudant-nos dels resultats estadístics solventem el problema de la “caixa fosca”, però no és aquesta una comparació comesurable com hom pot creure, sinó que el que es fa possiblement és obrir una “caixa de Pandora”: la interpretació dels resultats. Jo de moment donaré la meua, que sense ànim de ser petulant considero la majorment “col·legiada” sobre el tema.

Òptimament, la interpretació s’hauria d’abordar des de la significança dels atributs en la classificació donada en els experiments amb xarxes neurals. És a dir, caldria que féssim una jerarquia dels atributs en funció de quin pes han tingut en la classificació final. Tanmateix, en el tractament de la base de dades de téxels sorgeix el problema que en els tres experiments duts a terme hem obtingut resultat prou nefastos si el que volíem era que la xarxa neural col·loqués cada téxel en la lleixa que li corresponia. Una interpretació més acurada, però, ens ha indicat que les classificacions obtingudes no eren tan nefastes com aparentaven i que, si ens fixàvem, podíem observar

com l'error comès en la classificació tenia una certa lògica: la **duresa diferencial** i jeràrquica de les matèries treballades que feien el paper d'*output*. El paquet d'estadístiques dutes a terme en el capítol 4 és prou potent com per ajudar-nos a localitzar més finament on són els aspectes més distintius de l'alteració d'ús en extensió.

Començant pels experiments 1 i 2 (Taules 5·1 i 5·3)—en els quals s'emprava tot el conjunt de téxels sense distingir mides²⁰⁷— recordem que obtenim resultats similars, prou penosos però un tant millors en l'Experiment 1. La xarxa manté un funcionament dualista, distingint més acuradament entre les matèries treballades que són als extrems de l'escala de duresa —descarni i petxina—; les altres matèries treballades es confonen amb certa coherència a la similaritat de la seva duresa amb la duresa de les altres, principalment amb la que més emparenten de les dels extrems de l'escala de duresa.

Com els experiments han donat classificacions prou dolentes, no vam arribar a fer un test de sensitivitat, la qual cosa va en contra nostra a l'hora de trobar quins atributs han col·laborat majorment en el garbuix final. Recorrent però a les estadístiques no-paramètriques, concretament als resultat dels U de Mann-Whitney, trobem coses interessants. Hi ha un seguit d'atributs que en major o menor mesura escalen les matèries treballades en funció de la duresa, sent de destacar “mitja de la lluminositat”, “irregularitat”, “rectangularitat A” i “ràtio perímetre/eix major”, però també obtenim bones discriminacions segons la duresa de la matèria treballada per al paquet d'atributs “circularitat - quadratura - compacitat A - ràtio circularitat/estretor” i “rectangularitat B” en la relació d'atributs de forma, així com també en la resta d'atributs de composició.

La gradació que en aquest sentit es palesa en “àrea - diàmetre feret” indica que la magnitud dels téxels també va d'acord a la duresa de la matèria treballada, però també observem que tots els atributs de forma esmentats —menys “rectangularitat B”²⁰⁸— funcionen millor un tipus de téxels de magnitud mitjana —+100 a -1001, o +50 a -101²⁰⁹—; és a dir, les classificacions obtingudes en el processament dels téxels més grans dona pitjors resultats. Interpreto això com que en el desenvolupament de l'extensió de l'alteració d'ús de superfície a mesura que avança el procés de treball, hi ha un punt

²⁰⁷ Se suposa que la xarxa neural pel seu funcionament selectiu ja triarà aquells téxels (dades) en què majorment detecta característiques que ajuden a la classificació correcta i descartarà aquells que no hi ajuden, considerant-los redundants.

²⁰⁸ Amb tot, les classificacions per dureses que ofereix aquest atribut són relatives, en paquets de tou-migdur, i matusseres.

²⁰⁹ Val a dir que també funcionen generalment millor en l'interval de magnitud -51 que en el de +1000.

d'inflexió en què les àrees alterades són prou grans com per perfilar unes formes concretes que són vinculades a la natura de la superfície de contacte concreta de la matèria treballada. Però també succeeix que si aquest procés de treball continua és en favor que les àrees alterades vagin estenent-se fins fusionar-se amb les veïnes, comportant això que les formes adoptades anteriorment pels tèxels conformadors del tèxel més gran es perdin i transmutin vers una forma més regularitzada i assimilada entre matèries treballades.

L'Experiment nº 3 amb les xarxes neurals es du a terme amb els tèxels de major magnitud –interval +1000 píxels–. S'obtenen millors resultats de classificació i també un error de classificació en funció de les dureses relatives; amb tot, aquesta millora no supera encara el llindar mínim per acceptar el resultat com a bon, amb la qual cosa no podem afirmar rotundament que aquest interval de magnitud sigui òptim per obtenir una bona classificació. Recordem que en aquest interval, a banda de les U de Mann-Whitney, havia pogut aplicar estadístiques paramètriques en una sèrie d'atributs, donat que les seves distribucions de valors eren normals; tampoc les classificacions obtingudes en les estadístiques eren per tirar campanes al vol, però es poden comparar tot d'un plegat amb els obtinguts per les xarxes neurals, cosa que potser fins i tot és més important.

Els atributs de forma són menys discriminants en tèxels de +1000 píxels. Arribats a aquest interval de magnitud, són els tèxels de composició els que prenen major pes per a una bona classificació. Per a les proves de rang, “mitja de la lluminositat” obté resultats prou reeixits en les estadístiques paramètriques (Taula A·7·1), fetes únicament en aquells atributs que presentaven distribucions normals; val a dir però que els altres atributs de composició no mostren l'escalament de duresa tant evident.

Entre els de forma i per a les proves de rang, només “quadratura” (Taula A·7·5) i “rectangularitat A” (Taula A·7·6), dintre de l'error, mostren aquest escalament de dureses. Recordem que en les U de Mann-Whitney per a aquests atributs i en l'interval de tèxels de +1000 píxels donava un resultat prou nefast; ara per aquest interval de magnitud de tèxels i amb proves paramètriques els resultats són més reeixits. Apunto però el fet que l'altra variant de la rectangularitat –“rectangularitat B”– aportava quelcom en la U de Mann-Whitney per a l'interval +1000; seria qüestió de tenir en compte aquest concepte de forma des d'una perspectiva més àmplia per als tèxels més grans.

En les proves de comparacions múltiples (taules A·9·*) són els atributs de composició, més clarament altra volta “mitja de la lluminositat”, els que mostren una discriminació i error condicionats per les dureses relatives de les matèries treballades. “Quadratura” i “rectangularitat A” donen resultats pobres en aquest sentit per a les proves de comparacions múltiples.

Vistos el resultats obtinguts per a “mitja de la lluminositat”, tant en les estadístiques paramètriques com no-paramètriques –i en diferents intervals de magnitud–, no dubto en considerar que els atributs de composició han tingut un paper considerables en la classificació donada en els tres experiments²¹⁰. I en definitiva, que els atributs de composició siguin bons descriptius significa que ens podem fixar en la lluminositat reflectida per les àrees alterades per indicar l’ús al que corresponen. El que hem de superar però és el llenguatge en termes de “això brilla més que allò” i començar a esmerçar esforços en obtenir mètodes per quantificar correctament el missatge que ens envien els fotons.

Mentre que amb la base de dades de t xels les classificacions obtingudes per la xarxa neural han estat prou inexactes, per a la base de dades d’imatges he d’afirmar tot el contrari (Taula 5·14). I encara més positiu que la correcta classificació de les dades és, altra volta aix  com abans, l’error vinculat a la confusió de dureses relatives de les matèries treballades de les categories que representen els *outputs*.

Tanmateix, la interpretació que puc donar  s esbiaixada respecte als resultats obtinguts amb la base de dades de t xels. Els fet d’obtenir resultats positius ha justificat de fer una anàlisi de sensibilitat sobre les variables que han intervingut en la classificació (Taula 5·18). Els resultats són un tant insòlits si els comparem amb els anteriors. Les variables que segons la xarxa neural m s intervenen en la classificació final són la mitja i la desviació típica dels atributs “elongació”, “circularitat”, “ratio circularitat/estretor” i “compacitat B”. I dic resultats insòlits en quant a dos fets:

- 1) No deixa de ser curiós que ambdós indicadors –mitja i desviació típica– de quatre atributs concrets siguin els més significatius en la classificació. Per qu  si un i altre indicador del mateix atribut són introduïts a la xarxa neural de forma independent? Aix  només pot fer que indicar-nos que l’atribut en si mateix és el que carrega la informació discriminant que ha ajudat en la classificació final.

²¹⁰ Fins i tot les taules de resultats de “mitja de la lluminositat” tenen paral·lelismes sospitosos amb les taules dels experiments 1, 2 i 3 amb les xarxes neurals. Jutgi el lector per si mateix.

- 2) Els atributs “elongació” i “compacitat B” aporten una informació pèssima per a la classificació en matèries treballades tant en les estadístiques –tant en la base de dades de téxels com en la d’imatges– com en els experiments amb les xarxes per a la base de dades de téxels²¹¹.
- 3) I una mica en la línia del punt 2), però a la inversa, és de notar que els atributs de composició, que en les estadístiques del capítol 4 a sovint aportaven resultats discriminants evidents i de fàcil interpretació –en tant i en quant vinculats a les dureses de les matèries treballades–, ara en els experiments amb les Xarxes Neurals perden tot el poder explicatiu.

Una pregunta subsegüent seria, si la informació està inserida en l’atribut en si, per què en els procediments de càlcul sobre els téxels –on la seva informació bàsica surt més transparentment representada– obtenim resultats tan poc discriminants?

En les estadístiques sobre la base de dades d’imatges, els indicadors vinculats a “elongació” ni discriminen entre categories, ni aquestes presenten una ordenació remota per dureses de les matèries treballades. “Compacitat B” en aquests mateixos resultats estadístics aporta una millor discriminació entre categories, però tampoc presenta un patró d’ordenació d’aquestes en funció de la duresa ni de cap factor controlable. Això és pot fer extensible a “circularitat” i a “ràtio circularitat/estretor”²¹².

D’una forma o altra és innegable la validesa del test de sensitivitat dut a terme per la xarxa. Llavors, ¿a què poden ser deguts aquests estranys resultats? En principi, el bon resultat final ofert per la xarxa neural és resultat de la combinació agregada de les aportacions diferencial a la classificació fetes per cadascun dels indicadors. Fixem-nos que l’aportació en la classificació de cada indicador varia enormement segons sigui la matèria treballada (taula 5·18); per exemple, “compacitat B” ajuda molt en la classificació d’“os” i “fusta seca” i “circularitat” ho fa per a “petxina”.

Seguint la mateixa lògica, no podem descartar que l’aportació de la resta d’indicadors menys significatius sigui important, tenint-la en compte en conjunt i de forma agregada. Si en fixem en els gràfics de regressió que indiquen la correlació entre

²¹¹ Cert és que els indicadors per a “elongació” són els que ofereixen una significança menor dintre dels quatre i prou baixa (tot i que major a la d’altres indicadors d’altres atributs). Però no es pot dir el mateix de “compacitat B”, que per a algunes matèries treballades és el que més ha intervingut en la classificació correcta.

²¹² Però recordem que com a mínim amb aquests atributs obteníem millors resultats classificatoris per dureses per al processament de la base de dades de téxels.

output calculat i *input* (Arxiu B·13) per matèries treballades ens indiquen quelcom en aquesta línia. La major part de variables serveixen per ajudar a classificar alguna/es matèria/es treballada/es²¹³.

I també a això apuntarien els resultats obtinguts amb l'experiment Mitges 3, dut a terme amb l'única aportació dels dos indicadors dels atributs "elongació", "circularitat", "ratio circularitat/estreor" i "compacitat B"; es perd tota la potència classificadora obtinguda amb l'experiment Mitges 2 (taula 5·19). L'única cosa positiva que es manté, una altra volta més, és que la confusió entre matèries treballades està vinculada a la similaritat de la duresa relativa.

Què ens indicaria això? Ja n'he parat esment en les conclusions parcials a capítols anteriors: la complexitat del fenomen de les traces d'ús obliga a una percepció holística –malgrat que jeràrquica– de multitud de característiques, les quals es mostren de forma diferencial segons quina sigui la matèria treballada en molts casos.

Si hom vol, resta oberta la Caixa de Pandora de la interpretació sobre què és significatiu i què és superflu per a una bona determinació del "micropolit" i continuar fent el mateix de sempre: mirar a la babalà al microscopi i fent literatura. Si hom vol, pot ignorar que en aquesta tesi s'ha presentat un mètode perquè aquesta jerarquitització de característiques de l'alteració d'ús en superfície sigui objectivable. Parafrasejant Pere Calders, que cadascú faci les seves inútils reflexions al cas.

6·2 Una mica de filosofia de la traça d'ús.

No afegir comentaris addicionals sobre els resultats obtinguts per a la determinació de la cinemàtica no és ni un menyspreu ni un oblit. Més aviat, la raó està en què no cal afegir res a la claredat meridiana del que s'exposa en els subcapítols 4·8 i 5·4·2. Convinguem però que a pilota passada i en vistes a futurs treballs, el tractament de la cinemàtica hauria de tenir un tractament especial més acurat, veient els resultats positius que se'n poden extreure i en funció d'aquest per al disseny del procediment.

Per una banda, potser caldria crear categories "matèria treballada + cinemàtica", reconeixent que la cinemàtica no pot reflectir-se fenomènicament de la mateixa forma en una matèria treballada i altra. En aquest treball –i també els previs (TOSELLI et al. 2005; BARCELÓ, PIJOAN 2004; PIJOAN et al. 2002; TOSELLI et al. 2002)– hem

²¹³ Això principalment ve indicat per les línies que s'encreuen mútuament; els punts de trobada són les inflexions en les quals es pot distingir "netament" entre dues categories.

comptat les cinemàtiques de forma matussera en aquest sentit. No hem sabut en darrera instància si part de l'error/encert en la classificació és degut a com de perfilades o no es representen les característiques que apunten a la cinemàtica sobre l'alteració d'ús en superfície.

Per una altra banda, i no menys important, caldran treballs específics per tractar la cinemàtica. Hem vist que els intervals de lluminositat emprats per perfilar els téxels cara a una posterior segmentació, no són igualment idonis si són pensats per a representar òptimament la matèria treballada o la cinemàtica (veure subcapítol 4·8·2).

Començo la reflexió més teòrica de les conclusions per a la cinemàtica posant al lloc que correspon en importància a aquest aspecte de l'alteració d'ús. Sense moviment no hi ha treball i sense treball no hi ha alteració –canvi d'estats– de la matèria, la qual en el nostre cas es representa en les traces d'ús, processos bàsicament de desgast per fractura de la matèria a diversos nivells de magnitud des dels asclats visibles a simple vista als poliments microscòpics.

I l'ideal seria tractar aquest aspecte junt inseparablement de l'aspecte “matèria treballada” per entendre completament el treball i la tecnologia.

Per la banda de la reflexió epistemològica sobre el present treball, considero que estem en la línia correcta pel que fa a disseny del procediment –o mètode si es vol–. Les millores poden passar per la millora tècnica dels mitjans emprats o per poder filar prim en les preguntes que fem en un principi –com per exemple contemplar nous factors creuats “matèria treballada + cinemàtica”, com comentava en els paràgrafs anteriors–, però no passaran per la modificació del disseny del protocol de treball i menys per la modificació de la base teòrica de partida –especificada al llarg del capítol 2.

Quedaria també pendent especificar, a poder ser, els mecanismes d'interrelació que poden existir entre els atributs. És una tasca complexa en tant i en quant les interrelacions són moltes si encreuem tots els atributs entre tots. Ens ajudaria a dilucidar la forma concreta dels funcionaments conjunts d'atributs a l'hora de la classificació²¹⁴.

Valga dir que no m'ha satisfet de recórrer en tan gran mesura a la duresa relativa de les matèries treballades per donar explicació a les diferències en els atributs. Per una banda, hi ha hagut casos en què aquest aspecte de les propietats de les matèries

²¹⁴ Un inici incipient d'aquesta tasca ha estat duta a terme en el subcapítol 4·3, però en el text no vaig interpretar els resultats obtinguts en la línia de trobar la significança de les interrelacions, sinó que, ans al contrari, volia evitar l'ús d'atributs que estiguessin indicant exactament el mateix. Ara ens podríem mirar els resultats des d'una altra perspectiva.

treballades no donava explicació –total o parcial– que un atribut fos discriminant per a segons quina prova i atribut²¹⁵. Però encara més important, cal que tinguem clar que totes les diferències entre micropolits no tenen perquè respondre a la duresa diferencial de la matèria treballada en qüestió; poden haver-hi altres qualitats de les matèries treballades que condicionin tal com acabarà sent l’alteració d’ús. Dient-ho d’una altra forma, poden haver-hi dues matèries treballades de dureses absolutament dissimilars i que s’assimilin en la seva acció durant el procés de formació de l’alteració d’ús en superfície, en compartir algun tipus de qualitat que se’ns escapa al nostre coneixement²¹⁶. Tanmateix, sota aquesta premisa no m’he arriscat a hipotetitzar més enllà, doncs caldria un projecte d’investigació experimental que tractés sobre la formació de l’alteració d’ús en superfície.

I altra feina que queda pendent és desenvolupar la propietat “localització” de la textura. Hem treballat sobre l’atribut “angle” per determinar la orientació dels téxels i d’aquí inferir la cinemàtica. Ara ens quedaria determinar si la dispersió dels téxels dintre del marc de les imatges –a partir de les seves coordenades cartesianes X i Y, corresponents als dos atributs homònims– pot estar vinculada d’alguna forma als dos factors formatius que he anat tenint en compte. Val a dir que aquesta feina està a les beceroles, però ja s’han anat perfilant idees que prometen bons resultats, però que com tot necessiten hores de feina perquè surtin reeixits.

Amb la quantificació ha quedat clar que el fenomen de l’alteració d’ús en superfície és objectivable i que hi existeixen implícitament diferències que poden permetre la seva anàlisi cara a distingir els factors que l’han format en cada cas. Desmuntaria això les afirmacions com ara les de R. Grace i C. Mazo (NEWCOMER et al. 1986, 1987; GRACE 1989; MAZO 1997) en què s’ha arribat a negar la possibilitat de poder fer inferències sobre especificitats de processos de treball a partir de les anàlisis de traces d’ús. No deixa de ser important això; dintre de la disciplina tots sabem que les possibilitats inferencials de les traces d’ús són innegables; fora de la disciplina, les aportacions dels “detractors” ens poden fer passar als analistes de traces d’ús com una colla de tiradors de tarot. Demostrar que les traces d’ús són un fet objectivable en tant que quantificable no és negligible com a aportació.

²¹⁵ Hi ha molts exemples, tant en proves paramètriques com no-paramètriques (per ex. Taula A·7·2, A·7·4, A·10·1·2, A·10·4·1,...).

²¹⁶ Se m’ha ocorregut que la humitat en podria ser un cas, però sense cap comprovació experimental ni inferencial consistent em nego a afirmar tal extrem.

7- Bibliografía.

ADAMS, J.L. (1989) *Methods for improving ground stone artifacts analysis: experiments in mano wear patterns* a Experiments in Lithic Technology – BAR International Series 528; Archaeopress, Oxford.

ADÁN, M.; BARCELÓ, J.A.; PIJOAN-LÓPEZ, J.; PIQUÉ, R.; TOSELLI, A. (2003) *Spatial statistics in Archaeological texture description* a CAA 2002 The digital Heritage of Archaeology, editat per Martin Doerr i Apostolos Sarris, Archive of Monuments and Publications – Hellenic Ministry of Culture, Atenes.

AHLER, S.A. (1979) *Functional analysis of nonobsidian chipped stone artefacts: terms, variables and quantification* a Lithic use-wear analysis; editat per B. Hayden., Academic Press, New York.

AKOSHIMA, K. (1987) *Microflaking quantification* a The human uses of flint and chert; editat per G. de G. Sieveking i M.H. Newcomer, Cambridge University Press, Cambridge.

ÁLVAREZ MUNÁRRIZ, L. (1994) *Fundamentos de Inteligencia Artificial*; Secretariado de Publicaciones – Universidad de Murcia, Murcia.

ANDERSON, P. (1980) *A testimony of prehistoric tasks: diagnostiques residues on stone tools working edges* a World Archaeology 13/2.

ANDERSON-GERFAUD, P. (1981) *Contribution méthodologique à l'analyse des microtraces d'utilisation sur les outils préhistoriques*; Tesi Doctoral presentada a la Université de Bordeaux I.

ANDERSON-GERFAUD, P. (1988) *Using prehistoric stone tools to harvest cultivated wild cereals: preliminary observation of traces and impact* a Industries lithiques. Tracéologie et technologie I – BAR International Series 411; editat per S. Beyries – Centre de Recherche Archéologique du CNRS, Archaeopress, Oxford.

ANDERSON-GERFAUD, P. (1993) *Interpretation of agricultural activities* a Traces et fontion: les gestes retrouvés, Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

ANDERSON-GERFAUD, P.; HELMER, B. (1987) *L'emmachement au Moustérien a La main et l'outil manches et emmachements préhistoriques. Actes de la Table Ronde CNRS tenue a Lyon du 26 au 29 de novembre 1984. Travaux de la Maison de l'Orient 15.*

ANDERSON, P.; ASTRUC L.; VARGIOLU, R.; ZAHOUANI, H. (1998) *Contribution of quantitative analysis of surface states to a multimethod approach for characterising plant-processing traces on flint tools with gloss a Proceedings of the XIII UISPP Congress, Forli-Italia 8-14 September 1996. Vol. 6-2.*

ARGELÉS, T.; BONET, A.; CLEMENTE, I.; ESTÉVEZ, J.; GIBAJA, J.; LUMBRERAS, L.G.; PIQUÉ, R.; RÍOS, M.; TAULÉ, M.A.; TERRADAS, X.; VILA, A. & WÜNSCH, G. (1995) *Teoría para una praxis. «Splendor realitatis» a 1º Congreso de Arqueología peninsular. Trabajos de Antropología e Etnología 35.*

BAMFORTH, D.B. (1988) *Investigating Microwear Polishes with Blind Tests: The Institute Results in Context a Journal of Archaeological Science 15.*

BARCELÓ, J.A. (1988) *Some theoretical consequences of the use of advanced statistics in archaeology a Archaeological Technology, Techniques and Theory – BAR International Series 574; compilat per W. Waldren, J. Ensenyat i R. Kennard, Archaeopress, Oxford.*

BARCELÓ, J.A. (1995a) *Back-propagation algorithms to compute similarity relationships among archaeological artifacts a Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology – BAR International Series 446; recopilat per J. Wilcock i K. Lockyear, Archaeopress, Oxford.*

BARCELÓ, J.A. (1995b) *Seriación de Datos Arqueológicos Ambiguos o Incompletos. Una Aplicación de las Redes Neuronales a Aplicaciones Informáticas en Arqueología. Teoría y Sistemas. Vol. II.*

BARCELÓ, J.A. (1996a) *Heuristic Classification and Fuzzy Sets. New Tools for Archaeological typologies a Acta Praehistorica Laidensia 28.*

BARCELÓ, J.A. (1996b) *Arqueología Automática. El uso de la Inteligencia Artificial en Arqueología; AUSA, Barcelona.*

BARCELÓ, J.A.; ESTÉVEZ, J.; WUNSCH, G.; PALLARÉS, M.; MORA, R. (1994) *The easier, the better: the role of statistics in archaeological research a Methods in the*

mountains. Sydney University Archaeological Methods Series 2; coordinador Ian Johnson, University of Sidney, Sidney.

BARCELÓ, J.A.; VILA, A.; GIBAJA, J. (2000) *An application of neural networks to use-wear analysis* a CAA'96 Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology – BAR International Series 845; editat per K. Lockyear, T.J.T. Sly i V. Mihailescu-Birliba, Archaeopress, Oxford.

BARCELÓ, J.A.; PIJOAN, J.; VICENTE, O (2001) *Image quantification as archaeological description* a CAA'2000 Computing Archaeology for understanding the past – BAR International Series 931; editat per Z. Stančič i T. Veljanovski, Archaeopress, Oxford.

BARCELÓ, J.A.; PIJOAN-LOPEZ, J. (2004) *Cutting or Scrapping? Using neural Networks to Distinguish Kinematics in Use Wear Analysis* a Enter the Past. The E-way into the Four Dimensions of Culture Heritage – BAR International Series 1227; editat per Magistrat der Stadt Wien, Archaeopress, Oxford.

BARCELÓ, J.A.; PIJOAN-LOPEZ, J. (2005a) *Using Neural Networks to Distinguish Kinematics in Use Wear Analysis* a Neuro Dimension Newsletter – Volume 5, N° 10 (document en xarxa a http://www.nd.com/newsletter/Newsletter_v5_10.html); NeuroSolutions Inc..

BARCELÓ, J.A.; PIJOAN-LÓPEZ, J.; TOSELLI, A.; I VILA I MITJÀ, A. (e.p., 2005b) *Kinematics and use-wear traces: an attempt of characterisation through image digitalization* a Prehistoric Technology 40 years later: Functional studies and the Russian legacy.

BARTON, H.R.; TORRENCE, R.; FULLAGAR, R. (1998) *Clues to stone tool function reexamined: comparing starch grain frequencies on used and unused obsidian artifacts* a Journal of Archaeological Science 25.

BATE, L.F. (1998) *El proceso de investigación en arqueología*; Crítica, Barcelona.

BERNOUILLI, J. (1968) *Ars Conjectandi* a El mundo de las matemáticas; Grijalbo, Barcelona.

BEYRIES, S. (1987) *Variabilité de la industrie lithique au Moustérien. Approche fonctionnelle sur quelques gisements françaises* a BAR International Series 328; Archaeopress, Oxford.

BEYRIES, S. (1988a) *Analyse traceologique du materiel lithique de la couche VIII de la Grotte Vaufrey a La Grotte Vaufrey: Paleoenvironnement, chronologie, activités humaines*; Col. Memoires de la Societé Prehistorique Française 19, CNRS, Paris.

BEYRIES, S. (1988b) *Étude tracéologique des racloirs du niveau II A a Le gisement Paleolitique Moyen de Biache-Saint-Virast (Pas de Calais). Vol. 1.*; Col. Memoires de la Societé Prehistorique Française 21, ed. CNRS, Paris.

BEYRIES, S.; DELAMARE, F.; QUANTIN, J.C. (1988) *Tracéologie et rugosimétrie tridimensionnelle a Industries lithiques. Tracéologie et technologie II – BAR International Series 411*; editat per S. Beyries i Centre de Recherche Archéologique du CNRS, Archaeopress, Oxford.

BIETTI, A. (1993) *Supervised pattern recognition and experimental archaeology a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II*; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS i Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

BIETTI, A. (1996) *Image processing in microwear studies in flint artefacts a Archeologi e Calcolatori 7*.

BIETTI, A.; BURANI, A.; ZANELLO, L. (1985) *Interactive Pattern Recognition in Prehistoric Archaeology: Some applications a Symposium of the UISPP Comission: To Pattern the Past. PACT 11 – III.5*.

BIETTI, A.; MORGANTI, S.; ZANELLO, L. (1994) *Image processing in microwear analysis of prehistoric flint artefacts: an attempt at quantifying textural properties a Methods in the mountains. Sydney University Archaeological Methods Series 2*; coordinador Ian Johnson, University of Sidney, Sidney.

BINFORD, L.R. (1994) *En busca del pasado*; Crítica, Barcelona.

BOËDA, É. (1986) *Approche technologique du concept Levallois et évaluation de son champ d'application*; Tesi Doctoral presentada a la Université de Paris X.

BOJ, I.; CARBONELL, E.; OLLE, A.; SALA, R.; VERGES, J.M. (1993) *Mise en contraste de l'efficacite d'une chaine operatoire a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50, vol. II*; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS i Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

- BORDES, F. (1988) *Typologie du Paleolithique Ancien et Moyen*; Presses du CNRS, Paris.
- BOSQUET, D.; HAESAERTS, P.; MESTDAGH, H.; PREUD'HOMME, D.; JARDON GINER, P. (1998) *Le site paléolithique moyen de Remicourt – En Bia Flo I. Resultats del fouilles* a Notae Praehistoricae 18.
- BOWDEN, F.; TABOR, D. (1956) *Friction and lubrication*; Metuen, Londres.
- BRADLEY, R.; CLAYTON, C. (1987) *The influence of flint microstructure on the formation of microwear polishes* a The human uses of flint and chert; editat per G. de G. Sieveking i M.H. Newcomer, Cambridge University Press, Cambridge.
- BRIZ I GODINO, I.; PIJOAN LÓPEZ, J. (2003) *El registro lítico tallado del edificio Alpha del Puig Morter de Son Ferragut* a Mujeres y hombres en espacios domésticos. Trabajo y vida social en la Prehistoria de Mallorca; editat per Pedro V. Castro-Martínez, Trinidad Escoriza-Mateu i M^a Encarna Sanahuja-Yll, BAR International Series 1162, Archaeopress, Oxford
- BROADBENT, N. (1979) *Coastal resources and settlement stability: a critical study of a Mesolithic site complex in Northern Sweden*; Col. Archaeological Studies, Uppsala University – Institute of North European Archaeology, Uppsala.
- BROADBENT, N.; KNUTSSON, K. (1975) *An experimental analysis of quartz scrapers. Results and applications* a Fornvännen 70.
- BUNGE, M. (1981) *La investigación científica*; Ariel, Barcelona.
- CAHEN, D. (1987) *Refitting stone artefacts: why bother?* a The human uses of flint and chert; editat per G. de G. Sieveking i M.H. Newcomer, Cambridge University Press, Cambridge.
- CAHEN, D.; CASPAR, J.P. (1984) *Les traces d'utilisation des outils préhistoriques* a L'Antropologie 88/3.
- CHRISTENSEN, M. (1995) *La traceologie de l'ivoire – essais de differentiation des micro-polis des matières osseuses* a Le travail et l'usage de l'ivoire au Paleolithique Superieur; Istituto Poligrafico, Roma.

CHRISTENSEN, M. (1998) *Processus de formation et caractérisation physico-chimique des polis d'utilisation des outils en silex. Application à la technologie préhistorique de l'ivoire* a Bulletin de la Société Préhistorique Française 95/2.

CLEMENTE CONTE, I. (1989) *Análisis morfológico y funcional de la industria microlítica de Shirokii Mis (yacimiento del Paleolítico Superior a orillas del Mar Negro, al N.O. del Cáucaso)*; resum de la Tesi de Llicenciatura presentada a la Universitat Estatal de Leningrad.

CLEMENTE CONTE, I. (1995a) *Instrumentos de trabajo líticos de los yámanas (canoeros- nómadas de la Tierra del Fuego): una perspectiva desde el análisis funcional*; Tesi Doctoral presentada a la Universitat Autònoma de Barcelona.

CLEMENTE CONTE, I. (1995b) *Sílex y lustre térmico en el Paleolítico Medio. ¿Alteración o técnica de talla? El ejemplo de Mediona I (Alt Penedès, Barcelona)* a 1º Congreso de Arqueología Peninsular, Actas VII – Trabalhos de Antropologia e Etnologia 35; Sociedade Portuguesa de Antropologia e Etnologia, Porto.

CLEMENTE, I. (1997) *Los instrumentos líticos de Túnel VII: una aproximación etnoarqueológica*; Col. Treballs d'Etnoarqueologia 2, UAB - CSIC, Madrid.

CLEMENTE CONTE, I.; TERRADAS BATLLE, X. (1993) *Materies premières et fonction: l'exemple de l'outillage lithique des Yamanas (Terre de Feu)* a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

CLEMENTE, I.; RISCH, R.; ZURRO, D. (2002) *Complementariedad entre análisis de residuos y trazas de uso par la determinación funcional de los instrumentos macrolíticos: su aplicación a un ejemplo etnográfico del país Dogón (Mali)* a Análisis funcional. Su aplicación al estudio de las Sociedades Prehistóricas – BAR International Series 1073; Archaeopress, Oxford.

CLEMENTE CONTE, I.; GYRIA, E.Y.; LOZOVSKA, O.V.; LOZOVSKI, V.M. (2002) *Análisis de instrumentos en costilla de alce, mandíbulas de castor y caparazón de tortuga de Zamostje 2 (Rusia)* a Análisis funcional. Su aplicación al estudio de las Sociedades Prehistóricas – BAR International Series 1073; Archaeopress, Oxford.

- CLEMENTE, I.; PIJOAN, J.; TOSELLI, ANDREA (e.p., 2002) *Informe de les restes lítiques de la Vinya del Regalat-2* a la monografia del jaciment de la Vinya del Regalat-2 (Vallès Occidental – Catalunya).
- COOK, J.; DUMONT, J. (1987) *The development and application of microwear analysis since 1964* a The human uses of flint and chert; editat per G. de G. Sieveking i M.H. Newcomer, Cambridge University Press, Cambridge.
- CORNISH, D.C. (1961) *The mechanism of glass polishing* a British Scientific Instrument Research Association. Research Report 267.
- CORNISH, D.C.; WATT, I.M. (1963) *The mechanism of glass polishing. III. The influence of the slurry medium* a Sira Report R296.
- CORNISH, D.C.; WATT, I.M. (1966) *The mechanism of glass polishing* a Symposium on the surface chemistry of glass; American Ceramic Society Meeting, Washington DC.
- COTTERELL, B.; KAMMINGA, J. (1979) *The mechanics of flaking* a Lithic use-wear analysis; editat per B. Hayden., Academic Press, New York.
- COTTERELL, B.; KAMMINGA, J. (1992) *Mechanics of pre-industrial technology*; Cambridge University Press, Cambridge.
- CRIADO BOADO, F. (1980) *Aportaciones al estudio de la economía megalítica: análisis del microdesgaste en instrumentos líticos* a Gallaecia 6.
- DE LAPLACE, P.S. (1985) *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*; Alianza, Madrid.
- DEL BENE, T.A. (1979) *Once upon a striation: current models of striation and polish formation* a Lithic use-wear analysis; editat per B. Hayden., Academic Press, New York.
- DEMARS, P.Y.; LAURENT, P. (1992) *Types d'outils lithiques du Paleolithique Supérieur en Europe*; Presses du CNRS, París.
- DIAMOND, G. (1979) *The nature of so-called polished surfaces on stone artifacts* a Lithic use-wear analysis; editat per B. Hayden., Academic Press, New York.
- DOMÈNECH I MASSONS, J.M. (1982) *Bioestadística. Métodos estadísticos para investigadores*; Herder, Barcelona.

- DOMINGO AJENJO, A. (1993) *Tratamiento digital de imágenes*; Col. Guia Monográfica-Anaya Multimedia, Anaya, Madrid.
- DUBOIS, J. (1995) *La dynamiques non linéaire en physique du globe*; Masson, Paris.
- DUDA, R.C.; HART, P.E. (1973) *Patern classification and scene analysis*; John Wiley, New York.
- DUMONT, J.V. (1982) *The quantification of microwear traces: a new use for interferometer* a World Archaeology 14/2.
- DUMONT, J.V. (1987) *Mount Sandel microwear: a preliminary report* a The human uses of flint and chert; editat per G. de G. Sieveking i M.H. Newcomer, Cambridge University Press, Cambridge.
- DUMONT, J.V. (1988) *A microwear analysis of selected artefact types from the mesolithic sites of Star Carr and Mount Sandel*; BAR British Series 187, Archaeopress, Oxford.
- ENGELS, F. (1979) *Dialéctica de la naturaleza*; Col. OME-36, Crítica, Barcelona.
- ENGELS, F. (1987) *El Anti-Dühring. Introducción al estudio del socialismo*; Avant, Hospitalet.
- ERRICO, F. (1988) *Le burin néolithique sur encoche latérale ou "bulino di Ripabianca". Approche fonctionnelle* a Industries lithiques. Tracéologie et technologie I – BAR International Series 411; editat per S. Beyries – Centre de Recherche Archéologique du CNRS, Archaeopress, Oxford.
- ERRICO, F.; ESPINET-MOUCADEL, J. (1986) *L'emploi du microscope électronique à balayage pour l'étude expérimentale de traces d'usure: raclage sur bois de cervidé* a Bulletin de la Société Préhistorique Française 83/3.
- ESTANY, A. (1993) *Introducción a la filosofía de la ciencia*; Crítica, Barcelona.
- ESTANY, A. (2001) *El papel de los modelos en la investigación científica* a Reunión d'Experimentació en Arqueologia; 4, 5 i 6 de Maig de 1999, Facultat de Filosofia i Lletres (Universitat Autònoma de Barcelona); Col. Treballs d'Arqueologia – n° Especial, editat per L. Mameli, J. Pijoan i RAMU-Comunicat, Barcelona.

- ESTÉVEZ, J.; VILA, A. (1999) *Piedra a piedra. Historia de la construcción del Paleolítico en la Península Ibérica*; BAR International Series 805, Archaeopress, Oxford.
- ESTÉVEZ, J.; VILA, A. (2000) *Estratigrafías en contexto* a KREI 5.
- FABREGAS VALCARCE, R. (1992) *Ensayo de tala con un hacha de piedra pulida* a Trabajos de Prehistoria 49.
- FABREGAS VALCARCE, R. (1994) *Análisis de microdesgaste sobre artefactos tallados gallegos* a Gallaecia 13.
- FAÚNDEZ ZANUY, M. (2000) *Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia*; Marcombo – Boixareu Editores, Barcelona.
- FEDJE, D. (1979) *Scanning electron microscopy analysis of use-striae* a Lithic use-wear analysis; editat per B. Hayden., Academic Press, New York.
- FEYERABEND, P. (1974) *Contra el método*; Ariel, Barcelona.
- FINLEY, M. I. (1992) *Uso y abuso de la historia*; Akal, Madrid.
- FONTOURA, R.; MARCONDES, L. (2001) *Shape analysis and classification*; CRC Press, Boca Raton – London – New York – Washington DC.
- FOUCAULT, M. (1970) *Arqueología del saber*; Siglo XXI, Madrid.
- FOUCAULT, M. (1986) *Vigilar y castigar*; Siglo XXI, Madrid.
- FUJITA, M.; OHYAMA, M.; SAIKI, H. (1996) *Characterisation of vessel distribution by fourier transform image analysis* a Recent advances in wood anatomy; editat per L.A. Donaldson, A.P. Singh, B.G. Butterfield i L.J. Whitehouse, Forest Research Institute, New Zealand.
- FULLAGAR, R. (1991) *The role of silica in polish formation* a Journal of Archaeological Science 18.
- FULLAGAR, R. (1994) *Objectives for use-wear and residue studies: views from an Australian microscope* a Helinium XXXIV/2.
- FULLAGAR, R.; FURBY, J.; HARDY, B. (1996) *Residues on stone artefacts: state of a scientific art* a Antiquity 70.

GÁNDARA, M. (1982) *La vieja Nueva Arqueología a Teorías, métodos y técnicas en Arqueología*; Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Mèxic.

GÁNDARA, M. (1987) *Hacia una teoría de la observación en Arqueología a Boletín de Antropología Americana* 15.

GIBAJA, J. (1993) *El cómo y el porqué de la experimentación en análisis funcional a Revista de Arqueología* 145.

GIBAJA, J. (1994) *Análisis funcional del material lítico de las sepulturas de la Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona)*; Treball d'Investigació de 3^{er} cycle presentat a la Universitat Autònoma de Barcelona.

GIBAJA BAO, J.F.; CLEMENTE CONTE, I. (1995) *Análisis funcional del material lítico de las sepulturas de la Bobila Madurell (Sant Quirze del Valles, Barcelona) a Rubricatum* 1.

GIBAJA BAO, J.F.; CLEMENTE CONTE, I.; VILA, A. (1997) *Una aproximación a través del análisis funcional a sociedades neolíticas del noreste peninsular: las necrópolis de la Bòbila Madurell y el Camí de Can Grau a Actas del IIº Congreso Peninsular de Arqueología II*; editat per R. De Balbín i P. Bueno Ramírez, Fundación Rei Afonso Henriques, Zamora,

GONZALEZ, J.E.; IBAÑEZ, J.J. (1994) *Metodología de análisis funcional de instrumentos tallados en sílex*; Universidad de Deusto, Bilbao.

GONZALEZ, J.E.; IBAÑEZ, J.J. (1999) *The quantification of use-wear polish using image analysis. First results a The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process. The first studies in Honor of S. A. Semenov: Abstracts of the international conference dedicated to the 100th anniversary of Sergey Aristarhovitch Semenov; 30 january – 5 february 2000, Saint Petersburg*; Russian Academy of Sciences – Institute of History of Material Culture / Centre National de la Recherche Scientifique, Saint Petersburg.

GONZALEZ URQUIJO, J.E.; IBAÑEZ ESTEVEZ, J.J. (1993) *Utilizacion del instrumental lítico y funcionalidad del asentamiento en el yacimiento de Berniollo (Alava, España) a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. I*; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

GONZALEZ-URQUIJO, J.E.; IBÁÑEZ-ESTÉVEZ, J.J. (2003) *The quantification of use-wear polish using image analysis. First results* a Journal of Archaeological Science 30.

GONZALEZ, L.; AVILEZ, M.A. (1990) *Reflexiones sobre la experimentación en la Arqueología a Nuevos enfoques en el estudio de la lítica*; editat per M. de los Dolores Soto de Arechavaleta, Universidad Nacional Autónoma de México – Instituto de Investigaciones Antropológicas, México DF.

GORTARI, E. (1965) *Introducción a la lógica dialéctica*; FCE, México DF.

GOSE, E.; JOHNSONBAUGH, R.; JOST, S. (1996) *Pattern Recognition and Image Analysis*; Prentice Hall, Upper Sadler River.

GRACE, R. (1988) *Teach yourself microwear analysis: a guide to the interpretation of the function of stone tools*; Col. Arqueohistoria 3, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.

GRACE, R. (1989) *Interpreting the Function of Stone Tools. The quantification and computerisation of microwear analysis*; BAR International Series 474, Archaeopress, Oxford.

GRACE, R. (1993) *The use of expert systems in lithic a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II*; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

GRACE, R.; GRAHAM, I.D.G.; NEWCOMER, M.H. (1985) *The quantification of microwear polishes* a World Archaeology XVII/1.

GRACE, R.; GRAHAM, I.D.G.; NEWCOMER, M.H. (1987) *Preliminary investigation into the quantification of wear traces on flint tools* a The human uses of flint and chert; editat per G. de G. Sieveking i M.H. Newcomer, Cambridge University Press, Cambridge.

GRACE, R.; ATAMAN, K.; FABREGAS, R.; HAGGREN, C.M.B. (1988) *A multivariate approach to the functional analysis of stone tools* a Industries lithiques. Tracéologie et technologie II – BAR International Series 411; editat per S. Beyries i Centre de Recherche Archéologique du CNRS, Archaeopress, Oxford.

- GUROVA, M. (1999) *Analyse fonctionnelle des outillages en silex néolithique de la région Thrace (Bulgarie du Sud)* a The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process. The first studies in Honor of S. A. Semenov; Russian Academy of Sciences – Institute of History of Material Culture / Centre National de la Recherche Scientifique, Sant Petersburg.
- GUTIERREZ SAEZ, C. (1989) *Ficha para el estudio de huellas de uso sobre material litico* a Revista de Arqueología 58.
- GUTIERREZ SAEZ, C. (1990) *Huellas de uso: pautas de análisis experimental*; Tesis Doctoral presentada a la Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- GUTIERREZ SAEZ, C. (1993a) *Piezas con lustre del Bronce Final de Perales del Río (Madrid)* a 1^{er} Congreso de Arqueología Peninsular.
- GUTIERREZ SAEZ, C. (1993b) *L'identification des activites a travers de la traceologie* a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.
- GUTIERREZ SAEZ, C. (1994) *Arqueología, experimentación y funcionalidad* a Museo y Centro de Investigación de Altamira – Monografías 17.
- GUTIERREZ SAEZ, C.; GONZALEZ URQUIJO, J.E.; IBAÑEZ ESTEVEZ, J.J. (1988) *Alteraciones microscópicas en el tratamiento convencional del material litico: su incidencia en las huellas de uso* a Munibe 6.
- GUZMÁN, M.; MARTÍN, M.A.; MORÁN, M.; REYES, M. (1993) *Estructuras fractales y sus aplicaciones*; Labor, Barcelona.
- HANSON, N.R. (1977) *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*; Alianza Universidad, Madrid.
- HARALICK, L.M.; SHANMUGAM, K.; DINSTEN, I. (1973) *Textural features for image classification* a IEEE Transactions on systems, Man and Cybernetics 3.
- HEMPEL, C. (1979) *La explicación científica. Estudios sobre la filosofía de la ciencia*; Paidós, Buenos Aires.
- HILERA, J.R.; MARTINEZ, V.J. (1995) *Redes Neuronales Artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones*; Col. Paradigma, Ra-ma, Madrid.

HODDER, I. (1987) *La Arqueología en la Era Post-moderna* a Trabajos de Prehistoria 44.

HODDER, I. (1988) *Interpretación en Arqueología*; Crítica, Barcelona.

HURCOMBE, L. (1988) *Some Criticisms and Suggestions in Response to Newcomer et al. (1986)* a Journal of Archaeological Science 15.

HURCOMBE, L.M. (1992) *Use Wear Analysis and Obsidian: Theory, Experiments and Results*; Col. Sheffield Archaeological Monographs 4, J.R. Collis Publications – Dep. of Archaeology and Prehistory, University of Sheffield, Sheffield.

HUTCHINGS, W.K. (1999) *Quantification of fracture propagation velocity employing a sample of Clovis Channel Flakes* a Journal of Archaeological Science 26.

IBAÑEZ ESTEVEZ, J.J. (1993) *Métodos de análisis funcional e interpretación de resultados*; Tesi Doctoral presentada a la Universidad de Deusto.

IBAÑEZ, J.J.; GONZALEZ, J.E.; LAGÜERA, M.A.; GUTIERREZ, C. (1987) *Huellas microscópicas de talla* a Kobie XVI.

IBAÑEZ ESTEVEZ, J.J.; GONZALEZ URQUIJO, J.E.; RUIZ IDARRAGA, R.; BERGANZA GOCHI, E. (1993) *Huellas de uso en sílex en el yacimiento de Santa Catalina. Consideraciones sobre la manufactura del utillaje oseo y la funcionalidad del asentamiento* a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. I; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

IBAÑEZ ESTEVEZ, J.J.; GONZALEZ URQUIJO, J.E. (1996) *From tool use to site function. Use-wear analysis in some Final Upper Paleolithic sites in the Basque country*; BAR International Series 658, Archaeopress, Oxford.

JARDÓN GINER, P. (1990) *La metodología del análisis traceológico y su aplicación a conjuntos líticos prehistóricos* a Saguntum 23.

JARDÓN GINER, P. (1996) *Funcionalidad de las industrias líticas del Paleolítico Superior*; Tesi Doctoral presentada a la Universitat de València.

JARDÓN GINER, P. (1999) *Modifications de la microtopographie et des residus sur des outils expérimentaux. Quelques réflexions sur l'origine des micropolis* a The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process. The first studies

in Honor of S. A. Semenov; Russian Academy of Sciences – Institute of History of Material Culture / Centre National de la Recherche Scientifique, Sant Petersburg.

JUEL JENSEN H. (1988) *Functional analysis of prehistoric flint tools by high-power microscopy: A review of West European research* a Journal of World Prehistory 2.

JUEL JENSEN H. (1993) *Flint tools and plant working. Hidden traces of stone age technology*; Århus University Press, Århus.

KAJIWARA, H.; AKOSHIMA, K. (1981) *Un estudi experimental del micropolit sobre instruments d'esquist* a Kokogaku Zasshi 67 (en japonès, resum en anglès).

KAMINGA, J. (1979) *The nature of use polish and abrasive smoothing on stone tools* a Lithic use-wear analysis; editat per B. Hayden., Academic Press, New York.

KAMINGA, J. (1982). *Over the edge* a Occasional papers in Anthropology 12; University of Queensland, Australia.

KANTMAN, S. (1971) *Essai sur le problème de la retouche d'utilisation dans l'étude du matériau lithique: Premiers résultats* a Bulletin de la Société Préhistorique Française 68/7.

KEALHOFER, L.; TORRENCE, R.; FULLAGAR, R. (1999) *Integrating phytoliths within use-wear/residue studies of stone tools* a Journal Archaeological Science 26.

KEELEY, L.H. (1974) *Technique and methodology in microwear studies: a critical review* a World Archaeology 5.

KEELEY, L.H. (1978) *Los usos de los instrumentos de sílex del Paleolítico* a Investigación y Ciencia 16.

KEELEY, L.H. (1980) *Experimental determination of stone tool uses. A microwear analysis*; Col. Prehistoric Archaeology and Ecology Series, University of Chicago Press, Chicago.

KEELEY, L.H.; NEWCOMER, M.H. (1977) *Microwear analysis of experimental flint tools: a test case* a Journal Archaeological Science 4.

KELLER, C.M. (1966) *The development of edge damage patterns on stone tools* a Man 1/4.

KIMBALL, L.R.; KIMBALL, J.F.; ALLEN, P.E. (1995) *Microwear polishes as viewed through the atomic force microscope* a Lithic Technology 20 / 1.

KLEJN L.S. (1993) *La Arqueología soviética*; Crítica, Barcelona.

- KNUDSON, R. (1979) *Inference and imposition in lithic analysis* a Lithic use-wear analysis; editat per B. Hayden, Academic Press, New York.
- KNUTSSON, K. (1986) *SEM-analysis of wear features on experimental quartz tools* a Early Man 9-10-11.
- KNUTSSON, K. (1988) *Functional analysis. The flint assemblage* a Making and using stone tools. The analysis of the lithic assemblages from Middle Neolithic sites with flint in Västerbotten, Northern Sweden AUN-11; Societas Archaeologica Upsaliensis, Upsala – Uddevalla.
- KNUTSSON, K. (1988) *Chemical etching of wear features on experimental quartz tools* a Scanning electron microscopy in Archaeology – BAR International Series 452; editat per O. Olsen, Archaeopress Oxford.
- KNUTSSON, K.; TAFFINDER, J. (1986) *Microwear Traces on Porphyry and Hällefliint. Preliminary Results of Experiments* a Early Man News 9-10-11.
- KNUTSSON, K.; DAHLQUIST, B.; KNUTSSON, H. (1988) *The microwear analysis of the quartz and flint assemblage from the Bjurselet site, Vorsterbotten, Northern Sweden* a Industries lithiques. Tracéologie et technologie – BAR International Series 411; editat per S. Beyries – Centre de Recherche Archéologique du CNRS, Archaeopress, Oxford.
- KOROBKOVA, G.F. (1983) *Development of the productive forces and of working tools as a prerequisite of the evolution of new types of economy* a Journal of Central Asia VI/1.
- KOROBKOVA, G.F. (1984) *El análisis experimental y las huellas de uso en el estudio de la economía de las sociedades antiguas* a Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada 9.
- KUHN, T.S. (1981) *La estructura de las revoluciones científicas*; FCE, México DF.
- LAKATOS, I. (1977) *La falsación y la metodología de los programas de investigación científica* a La metodología de los programas de investigación científica; Col. Alianza Universidad 349, Alianza, Madrid.
- LAPLACE G. (1972) *La Typologie Analytique et structurale: Base rationnelle d'études des industries lithiques et osseuses* a Banques des Donnés Archéologiques. Colloques Nationaux du CNRS, Marseille 143.

- LAPLACE G. (1974) *De la dynamique de l'analyse structurale ou la typologie analytique* a Sep. Rivista di Scienze Preistoriche XXIX.
- LAWN, B.R.; MARSHALL, D.B. (1979) *Mechanisms of microcontact fracture in brittle solids* a Lithic use-wear analysis; editat per B. Hayden., Academic Press, New York.
- LAWRENCE, R.A. (1979) *Experimental evidence for the significance of attributes used in edge damage analysis* a Lithic use-wear analysis; editat per B. Hayden, Academic Press, New York.
- LEFEBVRE, H. (1969) *Logique formelle, logique dialectique*; Anthropos Paris, París.
- LEMOINE, G.M. (1997) *Use-wear analysis on bone and antler tools of the Mackenzie Inuit*; BAR International Series 679, Archaeopress, Oxford.
- LEVI-SALA, I. (1993) *Use-wear traces: processes of development and post-depositional alterations* a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.
- LEVI-SALA, I. (1996) *A study of microscopic polish on flint implements*; BAR International Series 629, Archaeopress, Oxford.
- LEWENSTEIN, S.M. (1990a) *El uso de métodos cuantitativos en el análisis de la lítica* a Nuevos enfoques en el estudio de la lítica; editat per M. de los Dolores Soto de Arechavaleta, Universidad Nacional Autónoma de México – Instituto de Investigaciones Antropológicas, México DF.
- LEWENSTEIN, S.M. (1990b) *La función de los artefactos líticos por medio del análisis de huellas de uso* a Nuevos enfoques en el estudio de la lítica; editat per M. de los Dolores Soto de Arechavaleta, Universidad Nacional Autónoma de México – Instituto de Investigaciones Antropológicas, México DF.
- LOY, T.H.; DIXON, J. (1998) *Blood residues on fluted points from Eastern Beringia* a American Antiquity 63/1.
- LÜTH, H. (1993) *Surfaces and interfaces of solids*; Springer Verlag, Berlin.
- MANDELBROT, B. (1987) *Los objetos fractales*; Tusquets, Barcelona.

- MANSUR, M.E. (1983) *Traces d'utilisation et technologie lithique: exemples de la Patagonie*; Tesi Doctoral presentada a la Université de Bordeaux I.
- MANSUR M.E. (1987) *El análisis funcional de artefactos líticos*; Instituto Nacional de Antropología, Buenos Aires.
- MANSUR, M.E.; VILA I MITJA, A. (1993) *L'analyse du materiel lithique dans la caracterisation archeologique d'une unite sociale a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II*; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.
- MARQUEZ MORA, B. (1998) *El nivel TG10 de Galería (Atapuerca, Burgos) a Complutum 9*.
- MARR, D. (1985) *La visión*; Col. Alianza Psicología, Alianza, Madrid.
- MARTÍNEZ BALART, X.; MARTÍNEZ DELGADO, J.M. (1999) *Guia avanzada Excel 2000*; Prentice Hall, Madrid.
- MASSON, A. (1981) *Petroarchaéologie des roches siliceuses. Intérêt en Préhistoire*; Tesi Doctoral presentada a la Université Claude Bernard – Lyon I.
- MASSON, A. (1982) *Silice et traces d'usage. La part du silex a Nouvelles archeologiques du Musée d'Histoire Naturelle de Lyon 20*.
- MASSON, A.; COQUEUGNIOT, E.; ROY, S. (1981) *Silices et traces d'usage: le lustre des faucilles a Nouvelles archeologiques du Musée d'Histoire Naturelle de Lyon 19*.
- MATTAUER (1976) *Deformaciones de los materiales de la corteza terrestre*; Omega, Barcelona.
- MAZO PEREZ, C. (1991) *Glosario y cuerpo bibliográfico de los estudios funcionales en Prehistoria*; Col. Monografías Arqueológicas 34, Departamento de Ciencias de la Antigüedad (Prehistoria) – Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- MAZO PEREZ, C. (1997) *Análisis de huellas de uso: "del dicho al hecho..." a Veleia 14*.
- McCLAVE, J.T.; BENSON, P.G. (1994) *Statistics for business and economics*; Macmillan College Publishing Company, New York.

MEEKS, N.D.; SIEVEKING, G.G.; TITE, M.S.; COOK, J. (1982) *Gloss and use-wear traces on flint sickles and similar phenomena* a Journal of Archaeological Science 9.

MENESES FERNANDEZ, M.A. (1993) *Reconstrucción técnica, experimentación y estudio comparativo de los “tensadores textiles” de hueso del Neolítico y Calcolítico en Andalucía (España)* a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. I; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

MERINO, J.M. (1980) *Tipología lítica*; Col. Munibe 4, Sociedad de Ciencias Aranzadi, San Sebastián.

MIDOSHIMA, T. (1988) *Microtraces i matèries primeres lítiques – Poliments de microdesgast formats en instruments de sílex, sanukita i tosca verda* a Kokogaku Zasshi 74 (en japonès, resum en anglès).

MOSS, E. H. (1983) *The functional analysis of flint implements*; BAR International Series 177, Archaeopress, Oxford.

MOSS, E. H. (1987) *A Review of “Investigating Microwear Polishes with Blind Tests”* a Journal of Archaeological Science 14.

NEWCOMER, M.H.; GRACE, R.; UNGER-HAMILTON, R. (1986) *Investigating Microwear Polishes with Blind Tests* a Journal of Archaeological Science 13.

NEWCOMER, M.H.; GRACE, R.; UNGER-HAMILTON, R. (1987) *Microwear polishes, blind tests, and texture analysis* a The human uses of flint and chert; editat per G. de G. Sieveking i M.H. Newcomer, Cambridge University Press, Cambridge.

NEWCOMER, M.H.; GRACE, R.; UNGER-HAMILTON, R. (1988) *Microwear Methodology: A Reply to Moss, Hurcombe and Bamforth* a Journal of Archaeological Science 15.

NILSON, N.J. (2000) *Inteligencia Artificial: Una nueva síntesis*; McGraw-Hill, Madrid.

ODELL, G.H. (1975) *Microwear in perspective: a sympathetic response to Lawrence H. Keeley* a World Archaeology 7.

ODELL, G.H. (1979) *A new improved system for the retrieval of functional information fom microscopic observations of chipped stone tools a Lithic use-wear analysis*; editat per B. Hayden., Academic Press, New York.

ODELL, G. (1981) *The mechanics of use-breakage of stone tools: some experimental results a Lithic Technology 9/2*.

ODELL, G.H. (1995) *Is anybody listening to the Russians? a Lithic Technology 20/1*.

ODELL, G.H.; ODELL-VERECKEN, F. (1980) *Verifying the reability of lithic use-wear assessments by “blind test”: the low-power approach a Journal of Field Archaeology 7*.

OLLÉ CAÑELLAS, A. (2002) *Variabilitat i patrons funcionals en els sistemes tècnics de mode 2. Anàlisi de les deformacions d'ús en els conjunts lítics del Riparo Esterno de Grotta Paglicci (Rignano Garganico, Foggia), Áridos (Arganda, Madrid) i Galería-TN (Sierra de Atapuerca, Burgos)*; Tesi Doctoral presentada a la Universitat Rovira i Virgili.

ORTON, C. (1980) *Matemáticas para Arqueólogos*; Alianza, Madrid.

OWEN, L.R. (1988) *Blade and microblade technology. Selected assemblages from the North American Arctic and the Upper Paleolithic of Southwest Germany*; BAR International Series 441, Oxford.

PAWLIK, A. (1999) *Identification of hafting traces and other residues with optical and scanning electron microscopes a The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process. The first studies in Honor of S. A. Semenov: Abstracts of the international conference dedicated to the 100th anniversary of Sergey Aristarhovitch Semenov; 30 january – 5 february 2000, Saint Petersburg*; Russian Academy of Sciences – Institute of History of Material Culture / Centre National de la Recherche Scientifique, Sant Petersburg.

PENROSE, R. (1991) *La nueva mente del emperador*; Col. Libro de Mano 38, Grijalbo, Barcelona.

PENTLAND, A.P. (1984) *Fractal-based description of natural scenes a IEEE Trans. Pattern analysis and machine Int., PAMI-6 (6)*.

PÉREZ LÓPEZ, C. (2001) *Técnicas estadísticas con SPSS*; Prentice Hall, Madrid.

PÉTREQUIN, P. (1993) *Écologie d'un outil, la hache de pierre en Irian Haya (Indonésie)*; Éditions du CNRS, Paris.

PIATELLI PALMARINI, M. (1995) *Los túneles de la mente*; Col. Drakontos, Crítica, Barcelona.

PIE J.; VILA A. (1992) *Relaciones entre objetivos y métodos en el estudio de la industria lítica a Tecnología y cadenas Operativas Líticas. Reunión Internacional, 15-18 Enero de 1991*; Col. Treballs d'Arqueologia 1, UAB, Barcelona.

PIJOAN LÓPEZ, J. (2000a) *Tècniques de visualització assistida per ordinador per a l'anàlisi de traces d'ús en instruments lítics*; Treball d'Investigació de 3^{er} Cicle presentat a la Universitat Autònoma de Barcelona.

PIJOAN LÓPEZ, J. (2000b) *Patrons de traces d'ús en imatges digitalitzades a Reunió d'Experimentació en Arqueologia; 4, 5 i 6 de Maig de 1999, Facultat de Filosofia i Lletres (Universitat Autònoma de Barcelona)*; Col. Treballs d'Arqueologia – n° Especial, editat per L. Mameli, J. Pijoan i RAMU-Comunicat, Barcelona.

PIJOAN LÓPEZ, J. (2001) *Experimentación en Arqueología: reflexiones para una propuesta operativa y explicativa a Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social 4*.

PIJOAN LÓPEZ, J.; BARCELÓ ÁLVAREZ, J.A.; BRIZ I GODINO, I.; CLEMENTE CONTE, I.; VILA I MITJÀ, A.. (1999) *Quantification and Neural Networks in Use-Wear Analysis a The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process. The first studies in Honor of S. A. Semenov*; Russian Academy of Sciences – Institute of History of Material Culture / Centre National de la Recherche Scientifique, Saint Petersburg.

PIJOAN, J.; BARCELÓ, J.A.; CLEMENTE, I.; BRIZ, I.; VILA, A. (e.p., 2000) *Quantification et Reseaux de neurones en l'analyse de traces d'usure a The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process. International Conference dedicated to the 100th anniversary of Sergey Aristarhovitch Semenov. Saint Petersburg*.

PIJOAN LÓPEZ, J.; BARCELÓ ÁLVAREZ, J.A.; CLEMENTE CONTE, I.; VILA I MITJÀ, A. (2002) *Variabilidad estadística en imágenes digitalizadas de trazas de uso*:

resultados preliminares a Análisis funcional. Su aplicación al estudio de las Sociedades Prehistóricas – BAR International Series 1073; Archaeopress, Oxford.

PIJOAN, J.; BARCELÓ, J.A.; BRIZ, I.; VILA, A.; PIQUÉ, R. (2004) *Image quantification in use-wear analysis a Making the connection to the Past: CAA 99*; editat per Kelly Fennema, Hans Kamermans i Computer Applications in Archaeology, Faculty of Archaeology – Leiden University, Leiden.

PLISSON, H. (1983) *De la conservation des micro-polis d'utilisation a Bulletin de la Société Préhistorique Française 80*.

PLISSON, H. (1985) *Étude fonctionnelle d'outillages lithiques préhistoriques par l'analyse des micro-usures: recherche méthodologique et archéologique*; Tesi Doctoral presentada a la Université de Paris I Pantheon Sorbonne.

PLISSON, H. (1986) *Alteration des micropolis d'usage: quelques experiences complementaires a Early Man News 9-10-11*.

POPPER, K.R. (1982) *La lógica de la investigación científica*; Tecnos, Madrid.

POPPER, K.R. (1989) *Conjeturas y refutaciones: El desarrollo del conocimiento científico*; Paidós, Barcelona.

PRIETO, A.M. (1976) *La historia como arma de la reacción*; Akal, Madrid.

PRÍNCIPE, J.C.; EULIANO, N.R.; LEFEBVRE, W.C. (2000) *Neural and Adaptive Systems. Fundamentals through simulations*; John Wiley and Sons – Inc., New York.

PROCOPIU, H.; JAUTÉE, E.; VARGIOLU, R.; ZAHOUANI, (1998) *Petrographic and use wear analysis of a quern from Syvritos Kephala a Proceedings of the XIII U.I.S.P.P. Congress, Forlì-Italia, 8-14 September 1996 Vol. 6-2*.

PUTNAM, H. (1983) *Realism and Reason*; Cambridge University Press, Cambridge.

RABINOWICZ, E. (1965) *Friction and wear of materials*; John Wiley, New York.

RAMÍREZ I SARRIÓN, D. (1989) *G.W. Leibniz, J. Bernouilli i les interpretacions de la probabilitat. De l'Ars Cogitandi a l'Ars Conjectandi a Anuari de la Societat Catalana de Filosofia III*.

RAO, S.R. (1972) *Surface phenomena*; Hutchinson Educational Ltd., London.

REES, D.; WILKINSON, G.G.; ORTON, C.R.; GRACE, R. (1988) *Fractal analysis of digital images of flint microwear a Computer and Quantitative Methods in Archaeology*

– BAR International Series 446; recopilat per J. Wilcock i K. Lockyear, Archaeopress, Oxford.

RESCHER, N. (1987) *Scientific realism*; Reidel, Boston.

RICH, E.; KNIGHT, K. (1994) *Inteligencia Artificial*; McGraw-Hill, Madrid.

RICHARDS, T.H. (1988) *Microwear patterns on experimental basalt tools*; BAR International Series 460, Archaeopress, Oxford.

RODRIGUEZ RODRIGUEZ, A. (1993) *Analyse fonctionnelle d'outils lithiques en basalte de l'île de la Palma (îles Canaries): premiers resultats a Traces et fonction: les gestes retrouvés*. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, R.M.; GARCÍA SORIA, J.A.; FERNÁNDEZ VALDIVIA, J.; FERNÁNDEZ VIDAL, X.R. (2000) *Representación de imágenes digitales basada en patrones visuales. Modelos computacionales y aplicaciones*; Ra-ma, Madrid.

ROSSETTI, P.; ZANZI, G. (1990) *Technological approach to reduction sequences of the lithic industry from Grotta Breuil a Proceedings of the International Symposium. The fossil man of Monte Circeo: Fifty years of studies on the Neandertals in Latium. Sabaudia, October 1989. Quaternaria Nova I*.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. (1996) *Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno*; Prentice Hall Hispanoamericana, México DF.

SALA I RAMOS, R. (1993) *Introducció d'un model reològic de les deformacions microscòpiques per ús en objectes lítics*; Tesi de Llicenciatura I presentada a la Universitat de Barcelona.

SALMON, W.C. (1971) *Statistical explanation an statistical relevance*; University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.

SEMENOV, S.A.; SHELINSKY, B.E. (1971) *Micrometritxeskoe isutxenye sliedov raboti na paleolititxeskih orudiyah a Sovietskaia Arheologiiia 1*.

SEMENOV, S.A.. (1981) *Tecnologia prehistórica*; Akal, Barcelona.

SERIWAZA, C.; KAJIWARA, H.; AKOSHIMA, K. (1981) *Estudi experimental de traces de microdesgast i el seu potencial* a Archaeology and Natural Science 14 (en japonès, resum en angles).

SHANKS, M.; TILLEY, C. (1987) *Social Theory and Archaeology*; Polity Press, Oxford.

SHENNAN, S. (1992) *Arqueología cuantitativa*; Crítica. Barcelona.

SKAKUN, N.N. (1992) *Évolution des techniques agricoles en Bulgarie chalcolitique (d'après les analyses tracéologiques)* a Prehistoire de l'agriculture: nouvelles approches expérimentales et ethnographiques – Monographie du CRA 6; CNRS, Paris.

SKAKUN, N.N. (1993a) *New implements and specialization of traditional industries in the Eneolithic of Bulgaria* a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. I; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

SKAKUN, N.N. (1993b) *Agricultural implements in the Neolithic and Eneolithic cultures of Bulgaria* a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.

SONKA, M.; HLAVAC, V.; BOYLE, R. (1994) *Image processing, analysis and machine vision*; Chapman and Hall, Cambridge.

STRAHLER, A.N. (1992) *Geología Física*; Omega, Barcelona.

TERRADAS, X. (1998) *La gestión de los recursos minerales: propuesta teórico-metodológica para el estudio de la producción lítica en la Prehistoria* a Actes de la 2^a reunió de treball sobre aprovisionament de recursos lítics a la Prehistòria. Rubricatum 2.

TERRADAS BATLLE, X.; PLANA, F.; CHINCHON, J.S. (1991) *Aplicacion de tecnicas analiticas para el estudio de las materias primas liticas prehistoricas* a Arqueologia-CSIC; col. Nuevas Tendencias, coordinadora Assumpció Vila, CSIC, Madrid.

TOSELLI, A. (2004) *Identificación y descripción de trazas de uso en obsidiana mediante la experimentación*; Treball d'Investigació de 3^{er} Cicle presentat a la Universitat Autònoma de Barcelona.

TOSELLI, A.; PIJOAN LÓPEZ, J.; BARCELÓ ÁLVAREZ (2002) *La descripción de las trazas de uso en materias primas volcánicas: resultados preliminares de un análisis estadístico descriptivo a Análisis funcional. Su aplicación al estudio de las Sociedades Prehistóricas* – BAR International Series 1073; Archaeopress, Oxford.

TOSELLI, A.; PIJOAN-LOPEZ, J.; BARCELÓ, J.A.; VILA I MITJÀ, A. (2005) *Kinematics and use-wear traces: an attempt of characterisation through image digitalization a Prehistoric Technology 40 years later: Functional studies and the Russian legacy*; Museo Civico di Storia Naturale di Verona – Università degli studi di Verona, Verona.

TRAVET I PLANA, D. (2001) *Tècniques de simulació i de realitat virtual aplicades a l'anàlisi dels processos de formació de jaciments arqueològics*; Treball d'Investigació de 3^{er} Cicle presentat a la Universitat Autònoma de Barcelona.

TRIGGER, B. (1992) *Historia del pensamiento arqueológico*; Crítica, Barcelona.

TRINGHAM, R.C.; COOPER, G.; ODELL, G.; VOYTEK, B.; WHITMAN, A. (1974) *Experimentation in the formation of edge damage: A new approach to lithic analysis a Journal of Field Archaeology 1*.

UNGER-HAMILTON, R. (1984) *The formation of use-wear polish on flint: beyond the "deposit versus abrasion" controversy a Journal of Archaeological Science 2*.

UTRILLA MIRANDA, P.; LOPEZ GARCIA, P.; MAZO PEREZ, C. (1986) *Interpretacion microespacial de una ocupacion magdaleniense a traves de analisis polinicos y de huellas de uso a Arqueologia Espacial 8*.

VAN DEN DRIES, M. H. (1994) *WAVES: an expert system for the analysis of use-wear on flint artefacts a Methods in the mountains. Sydney University Archaeological Methods Series 2*; coordinador Ian Johnson, University of Sidney, Sidney.

VAN DEN DRIES, M. H. (1998) *Archaeology and the application of Artificial Intelligence. Case-studies on use-wear analysis of prehistoric flint tools*; Col. Archaeological Studies Leiden University 1, Faculty of Archaeology - Leiden University, Leiden.

VAN DEN DRIES, M.; VAN GIJN, A. (1997) *The representativity of experimental usewear traces a Siliceous rocks and culture*; editat per A. Ramos Millán i M.A. Bustillo, Universidad de Granada, Granada.

- VAN GINJ, A. (1986) *Fish polish, fact and fiction* a Early Man News 9-10-11.
- VAN GINJ, A. (1989) *The wear and tear of flint* a Analecta Praehistorica Leidensia 22.
- VAUGHAN, P.C. (1981) *Lithic microwear experimentation and the functional analysis of the Lower Magdalenian stone tool assemblage*; Tesi Doctoral presentada a la University of Pennsylvania.
- VAUGHAN, P.C. (1985) *Use-wear analysis on flaked stone tools*; The University of Arizona Press, Tucson.
- VAUGHAN, P.C. (1987) *Wear analysis of a Lower Magdalenian flint assemblage from southwestern France* a The human uses of flint and chert; editat per G. de G. Sieveking i M.H. Newcomer, Cambridge University Press, Cambridge.
- VERGÈS BOSCH, J.M. (2002) *Caracterització dels models d'instrumental lític del mode I a partir de les dades de l'anàlisi funcional dels conjunts litotècnics d'Aïn Hanech i El-Kherba (Algèria), Monte Poggiolo i Isernia la Pineta (Itàlia)*; Tesi Doctoral presentada a la Universitat Rovira i Virgili.
- VICO, G.B. (1991) *Computer graphics* a Visualization; editat per R.M. Friedhoff i W. Benton, Freeman, New York.
- VILA I MITJA, A. (1976) *Estudi de les traces d'ús i desgast en els útils de sílex*; Tesi de Llicenciatura presentada a la Universitat de Barcelona.
- VILA I MITJA, A. (1977) *Analyse fonctionnelle et analyse morphotechnique* a Dialektike.
- VILA I MITJA, A. (1981) *Les activitats productives en el Paleolític i el seu desenvolupament (un exemple català: el Castell Sa Sala i el Cingle Vermell)*; Tesi Doctoral presentada en la Universitat de Barcelona.
- VILA I MITJA, A. (1985a) *Los instrumentos de trabajo en el Paleolítico* a Revista de Arqueología 45.
- VILA A. (1985b) *El "Cingle Vermell": Assentament de Caçadors-Recol·lectors del Xè Mil·leni B.P.*; Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- VILA A. (1986) *Introducció a l'estudi de les Eines Lítiques Prehistòriques*; Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.

- VILA I MITJA, A. (1988) *Formulation analytique des caracteres fonctionelles a Industries lithiques. Tracéologie et technologie – BAR International Series 411*; editat per S. Beyries – Centre de Recherche Archéologique du CNRS, Archaeopress, Oxford.
- VILA I MITJA, A.; ARGELES I TOLO, T. (1986) *Determinacio del caracter d'un lloc d'ocupació per les activitats que s'hi desenvolupen a Arqueologia Espacial 8.*
- VILA I MITJA, A.; GALLART, F. (1991) *Aplicacion del analisis digital de imagenes en Arqueologia: el caso de los micropulidos de uso a Arqueologia-CSIC*; Col. Nuevas Tendencias, coordinat per A. Vila i Mitjà, CSIC, Madrid.
- VILA I MITJA, A.; GALLART, F. (1993) *Caracterizacion de los micropulidos de uso: ejemplo de aplicacion del analisis de imagenes digitalizadas a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II*; Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.
- VILA, A.; TERRADAS, X.; CLEMENTE, I. ; MANSUR, M.E. (1996) *La larga marcha: de roca a instrumento a Encuentros en los conchales fueguinos*; Col. Treballs d'Etnoarqueologia 1, UAB – CSIC, Madrid.
- VILA I MITJA, A.; CLEMENTE CONTE, I. (2000) *Reflexiones en torno al Congreso-Homenaje a S. A. Semenov a Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social 3.*
- VISION, G. (1997) *Problems of vision*; Oxford University Press, New York.
- VV.AA. (1978) *Metodología del conocimiento científico*; dirigit per P.N. Fedoséev, M. Rodríguez i G. Ruzavin, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana.
- VV.AA. (1979) *Lithic use-wear analysis*; editat per B. Hayden., Academic Press, New York.
- VV.AA. (1988) *Industries lithiques. Tracéologie et technologie I i II*; BAR International Series 411, editat per S. Beyries – Centre de Recherche Archéologique du CNRS, Archaeopress, Oxford.
- VV.AA. (1990a) *Nuevos enfoques en el estudio de la lítica*; editat per M. de los Dolores Soto de Arechavaleta, ed. Universidad Nacional Autónoma de México – Instituto de Investigaciones Antropológicas, México DF.

- VV.AA. (1990b) *The interpretative possibilities of microwear studies. Proceedings of the International Conference of Lithic Use-wear Analysis, 15th- 17th February 1989 in Uppsala, Sweden*; Col. AUN 14, Societas Archaeologica Upsaliensis, Uppsala.
- VV.AA. (1992) *Nuevas tendencias en Inteligencia Artificial*; Universidad de Deusto, Bilbao.
- VV.AA. (1993) *Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990.*; Col. Eraul-50 (vols. I i II), Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.
- VV.AA. (1994) *Inteligencia Artificial*; Col. Politext, UPC, Barcelona.
- VV.AA. (1996) *Stone tools. Theoretical insights into human prehistory*; Col. Interdisciplinary Contributions to Archaeology, editat per G.H. Odell, Plenum Press, New York.
- VV.AA. (1997) *Projectile Technology*; Col. Interdisciplinary Contributions to Archaeology, editat per H. Knecht, Plenum Press, New York.
- VV.AA. (1998) *Image Processing and Pattern Recognition*; Col. Neural Network System Techniques and Application Series 5, coordinat per C.T. Leondes, Academic Press, San Diego.
- VV.AA. (1999) *The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process. The first studies in Honor of S. A. Semenov: Abstracts of the international conference dedicated to the 100th anniversary of Sergey Aristarhovitch Semenov; 30 january – 5 february 2000, Saint Petersburg*; Russian Academy of Sciences – Institute of History of Material Culture / Centre National de la Recherche Scientifique, Sant Petersburg.
- VV.AA. (2000) *Reunió d'Experimentació en Arqueologia; 4, 5 i 6 de Maig de 1999, Facultat de Filosofia i Lletres (Universitat Autònoma de Barcelona)*; Col. Treballs d'Arqueologia – n^o Especial, editat per L. Mameli, J. Pijoan-López i RAMU-Comunicat, Barcelona.
- WATKINS, J.W.N. (1952) *Ideal types and historical explanation a British Journal for the Philosophy of Science 3.*
- WEBER, M. (1982) *Ensayos sobre metodología sociológica*; Amorrortu, Buenos Aires.

- WEISS, S.M.; KULIKOWSKI, C.A. (1991) *Computer Systems that learn*; Morgan Kaufmann Publishers – Inc, San Mateo.
- WILLEY, G.R.; PHILLIPS P. (1958) *Method and theory in American Archaeology*; University of Chicago Press, Chicago.
- WINSTON, P.H. (1994) *Inteligencia Artificial*; Addison-Wesley Iberoamericana, Madrid – México DF.
- WITTHOFT, J. (1955) *Worn stone tools from Southeastern Pennsylvania a Pennsylvania Archaeologist 35.*
- WITTHOFT, J. (1967) *Glazed polish on flint tools a American Antiquity 32.*
- WOODS, A.; GRANT, T. (1995) *Razón y revolución. Filosofía marxista y ciencia moderna*; Fundación Federico Engels, Madrid.
- YAMADA, S. (1993) *The formation process of “use-wear polishes” a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II;* Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.
- YAMADA, S. (2000) *Development of the Neolithic: Lithic Use-wear Analysis of Major Tool Types in the Southern Levant*; Tesi Doctoral presentada a la Harvard University (Cambridge, Massachusetts).
- YAMADA, S.; SAWADA, A. (1993) *The method of description for polished surface a Traces et fonction: les gestes retrouvés. Actes du Colloque International de Liège, 8-9-10 décembre 1990. Eraul-50 vol. II;* Centre de Recherches Archéologiques du CNRS – Études et Recherches Archéologiques de la Université de Liège, Liège.
- YAMADA, S.; GORING-MORRIS, N.; GOPHER, A.; PERRON, J.T. (1998) *Analysis of faintly glossed blades from Pre-Pottery Neolithic Nahal Issaron (Israel) a 3rd Workshop on PPN Chipped Lithic Industries, Venice, Nove, 1998.*

Taules A.1 – Descriptius de les distribucions de téxels:

Taula A.1.1 – Síntesis de descriptius per a les distribucions dels téxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Àrea del texel								
Mitjana	48,21	44,25	44,97	68,76	59,28	95,29	110,21	66,65
Desviació típica	231,93	143,17	179,61	319,21	268,05	461,04	531,67	331,04
Asimetria	27,79	18,24	20,47	17,60	17,15	12,85	11,81	17,43
Apuntament	1036,19	447,76	561,31	411,51	370,82	217,27	178,07	404,74

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Mitja de la lluminositat								
Mitjana	101,53	100,91	104,56	105,25	104,84	104,81	106,09	104,01
Desviació típica	8,79	8,13	6,93	6,74	7,29	8,36	7,57	7,97
Asimetria	-0,27	-0,37	-0,69	-0,46	-0,88	-0,55	-0,54	-0,56
Apuntament	-0,25	0,19	2,16	0,60	2,04	0,21	0,04	0,52
Desviació típica de la lluminositat								
Mitjana	14,99	15,05	11,74	10,63	11,09	11,70	10,39	12,26
Desviació típica	6,93	6,25	5,25	4,65	5,23	6,19	5,44	6,08
Asimetria	0,21	0,31	0,73	0,65	0,95	0,52	0,64	0,63
Apuntament	-0,34	-0,04	0,97	1,47	1,80	0,11	0,71	0,42
Moda de la lluminositat								
Mitjana	102,01	100,91	104,98	105,27	104,81	105,94	106,93	104,47
Desviació típica	19,94	19,55	14,72	13,67	14,63	15,94	13,98	16,41
Asimetria	-1,77	-1,66	-1,91	-1,53	-1,82	-1,94	-1,88	-1,91
Apuntament	3,24	2,95	5,30	3,55	4,99	4,62	4,90	4,72
Lluminositat mínima								
Mitjana	65,55	65,25	77,61	81,45	80,03	77,03	81,36	75,38
Desviació típica	26,43	24,30	20,58	18,32	19,99	24,22	22,05	23,51
Asimetria	-0,25	-0,35	-0,83	-0,83	-0,96	-0,64	-0,82	-0,69
Apuntament	-0,61	-0,31	0,79	1,38	1,28	0,06	0,65	0,19

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Elongació								
Mitjana	2,020	2,050	2,075	2,097	2,102	2,037	2,066	2,061
Desviació típica	0,728	0,770	0,759	0,787	0,853	0,800	0,795	0,783
Asimetria	1,470	1,610	1,524	1,561	2,155	2,595	1,847	1,900
Apuntament	3,418	4,405	3,909	3,880	10,788	17,081	6,900	8,339
Circularitat								
Mitjana	0,333	0,348	0,340	0,354	0,391	0,367	0,374	0,356
Desviació típica	0,202	0,208	0,198	0,210	0,228	0,219	0,223	0,213
Asimetria	1,156	1,048	1,021	0,960	0,867	0,884	0,863	0,983
Apuntament	1,390	0,979	1,018	0,746	0,330	0,482	0,460	0,775
Quadratura								
Mitjana	1,800	1,757	1,776	1,762	1,664	1,746	1,739	1,753
Desviació típica	0,729	0,692	0,736	0,768	0,704	0,803	0,826	0,755
Asimetria	2,867	2,498	3,172	3,055	3,331	3,364	3,214	3,131
Apuntament	16,650	11,711	19,207	16,191	22,684	20,388	16,133	18,306
Ratio Circularitat/Estretor								
Mitjana	0,117	0,124	0,119	0,127	0,147	0,134	0,138	0,129
Desviació típica	0,109	0,114	0,106	0,116	0,134	0,123	0,127	0,119
Asimetria	2,748	2,568	2,703	2,505	2,215	2,356	2,304	2,494
Apuntament	10,061	8,616	10,264	8,407	5,872	7,242	6,653	8,110
Compacitat A								
Mitjana	60,346	57,050	59,113	59,109	52,208	59,112	59,298	58,275
Desviació típica	71,887	61,693	75,148	77,481	70,296	86,817	86,655	76,891
Asimetria	9,399	6,432	9,361	7,763	11,738	9,852	7,204	9,247
Apuntament	182,808	66,385	152,443	97,027	265,997	169,690	77,069	156,902
Irregularitat								
Mitjana	0,987	0,982	0,997	0,992	0,991	0,986	0,996	0,990
Desviació típica	1,594	1,387	1,573	1,999	1,814	2,237	2,495	1,899
Asimetria	11,174	8,546	10,710	9,723	10,128	9,513	8,324	10,101
Apuntament	205,822	115,748	180,962	135,640	148,614	126,280	88,635	148,562

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Rectangularitat A								
Mitjana	0,661	0,660	0,659	0,659	0,655	0,659	0,659	0,659
Desviació típica	0,041	0,039	0,039	0,039	0,035	0,038	0,039	0,039
Asimetria	2,287	2,272	2,461	2,611	2,909	2,372	2,420	2,461
Apuntament	6,563	6,307	7,856	9,735	12,136	6,983	7,523	7,941
Ratio Perimetre/Eix Major								
Mitjana	4,550	4,414	4,446	4,378	4,145	4,390	4,345	4,393
Desviació típica	1,878	1,749	1,893	1,885	1,711	1,953	2,014	1,882
Asimetria	2,725	2,240	2,865	2,629	2,873	3,002	3,061	2,820
Apuntament	15,914	9,335	15,545	12,204	16,922	16,984	16,482	15,440
Diametre Feret								
Mitjana	6,173	6,175	6,074	6,840	6,535	7,394	7,699	6,677
Desviació típica	4,825	4,268	4,513	6,384	5,725	8,165	9,003	6,346
Asimetria	7,959	5,709	6,935	6,513	6,808	6,113	5,852	7,064
Apuntament	111,648	56,822	79,581	64,931	70,212	50,116	44,807	73,370
Compacitat B								
Mitjana	0,720	0,717	0,712	0,710	0,714	0,720	0,715	0,716
Desviació típica	0,114	0,116	0,114	0,115	0,120	0,116	0,117	0,116
Asimetria	-0,062	-0,118	-0,027	-0,056	-0,124	-0,135	-0,103	-0,088
Apuntament	-0,555	-0,566	-0,509	-0,515	-0,459	-0,392	-0,515	-0,491
Rectangularitat B								
Mitjana	13,905	13,428	13,118	19,839	18,062	27,533	30,499	19,316
Desviació típica	46,727	33,542	37,566	76,237	69,091	118,087	129,181	80,675
Asimetria	25,822	15,046	20,398	16,892	16,249	12,045	10,940	16,500
Apuntament	1156,910	317,956	657,395	399,495	345,925	188,863	149,211	367,717

Taula A.1.2 – Descriptius per a les distribucions de téxels: descarni.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	48,210	1,879
	Desviació típica	231,930	
	Asimetria	27,791	0,020
	Apuntament	1036,188	0,040
Mitja de la luminància	Mitjana	101,529	0,071
	Desviació típica	8,791	
	Asimetria	-0,266	0,020
	Apuntament	-0,249	0,040
Desviació estàndard de la luminància	Mitjana	14,988	0,056
	Desviació típica	6,933	
	Asimetria	0,213	0,020
	Apuntament	-0,335	0,040
Moda de la luminància	Mitjana	102,002	0,162
	Desviació típica	19,938	
	Asimetria	-1,766	0,020
	Apuntament	3,236	0,040
Luminància mínima	Mitjana	65,575	0,214
	Desviació típica	26,404	
	Asimetria	-0,246	0,020
	Apuntament	-0,616	0,040
Elongació	Mitjana	2,020	0,006
	Desviació típica	0,728	
	Asimetria	1,470	0,020
	Apuntament	3,418	0,040
Circularitat	Mitjana	0,333	0,002
	Desviació típica	0,202	
	Asimetria	1,156	0,020
	Apuntament	1,390	0,040
Quadratura	Mitjana	1,800	0,006
	Desviació típica	0,729	
	Asimetria	2,867	0,020
	Apuntament	16,650	0,040

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,117	0,001
	Desviació típica	0,109	
	Asimetria	2,748	0,020
	Apuntament	10,061	0,040
Compacitat A	Mitjana	60,346	0,582
	Desviació típica	71,887	
	Asimetria	9,399	0,020
	Apuntament	182,808	0,040
Irregularitat	Mitjana	0,987	0,013
	Desviació típica	1,594	
	Asimetria	11,174	0,020
	Apuntament	205,822	0,040
Rectangularitat A	Mitjana	0,661	0,000
	Desviació típica	0,041	
	Asimetria	2,287	0,020
	Apuntament	6,563	0,040
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,550	0,015
	Desviació típica	1,878	
	Asimetria	2,725	0,020
	Apuntament	15,914	0,040
Diàmetre Feret	Mitjana	6,173	0,039
	Desviació típica	4,825	
	Asimetria	7,959	0,020
	Apuntament	111,648	0,040
Compacitat B	Mitjana	0,720	0,001
	Desviació típica	0,114	
	Asimetria	-0,062	0,020
	Apuntament	-0,555	0,040
Rectangularitat B	Mitjana	13,905	0,379
	Desviació típica	46,727	
	Asimetria	25,822	0,020
	Apuntament	1156,910	0,040

Taula A.1.3 – Descriptius per a les distribucions de téxels: pell fresca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	44,247	1,873
	Desviació típica	143,168	
	Asimetria	18,237	0,032
	Apuntament	447,761	0,064
Mitja de la lluminositat	Mitjana	100,914	0,106
	Desviació típica	8,133	
	Asimetria	-0,369	0,032
	Apuntament	0,189	0,064
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	15,054	0,082
	Desviació típica	6,253	
	Asimetria	0,309	0,032
	Apuntament	-0,040	0,064
Moda de la lluminositat	Mitjana	100,909	0,256
	Desviació típica	19,550	
	Asimetria	-1,661	0,032
	Apuntament	2,945	0,064
Lluminositat mínima	Mitjana	65,268	0,318
	Desviació típica	24,280	
	Asimetria	-0,344	0,032
	Apuntament	-0,317	0,064
Elongació	Mitjana	2,050	0,010
	Desviació típica	0,770	
	Asimetria	1,610	0,032
	Apuntament	4,405	0,064
Circularitat	Mitjana	0,348	0,003
	Desviació típica	0,208	
	Asimetria	1,048	0,032
	Apuntament	0,979	0,064
Quadratura	Mitjana	1,757	0,009
	Desviació típica	0,692	
	Asimetria	2,498	0,032
	Apuntament	11,711	0,064

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,124	0,001
	Desviació típica	0,114	
	Asimetria	2,568	0,032
	Apuntament	8,616	0,064
Compacitat A	Mitjana	57,050	0,807
	Desviació típica	61,693	
	Asimetria	6,432	0,032
	Apuntament	66,385	0,064
Irregularitat	Mitjana	0,982	0,018
	Desviació típica	1,387	
	Asimetria	8,546	0,032
	Apuntament	115,748	0,064
Rectangularitat A	Mitjana	0,660	0,001
	Desviació típica	0,039	
	Asimetria	2,272	0,032
	Apuntament	6,307	0,064
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,414	0,023
	Desviació típica	1,749	
	Asimetria	2,240	0,032
	Apuntament	9,335	0,064
Diàmetre Feret	Mitjana	6,175	0,056
	Desviació típica	4,268	
	Asimetria	5,709	0,032
	Apuntament	56,822	0,064
Compacitat B	Mitjana	0,717	0,002
	Desviació típica	0,116	
	Asimetria	-0,118	0,032
	Apuntament	-0,566	0,064
Rectangularitat B	Mitjana	13,428	0,439
	Desviació típica	33,542	
	Asimetria	15,046	0,032
	Apuntament	317,956	0,064

Taula A.1.4 – Descriptius per a les distribucions de téxels: pell seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	44,970	1,587
	Desviació típica	179,610	
	Asimetria	20,469	0,022
	Apuntament	561,315	0,043
Mitja de la lluminositat	Mitjana	104,557	0,061
	Desviació típica	6,930	
	Asimetria	-0,690	0,022
	Apuntament	2,163	0,043
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,737	0,046
	Desviació típica	5,249	
	Asimetria	0,728	0,022
	Apuntament	0,967	0,043
Moda de la lluminositat	Mitjana	104,984	0,130
	Desviació típica	14,720	
	Asimetria	-1,909	0,022
	Apuntament	5,304	0,043
Lluminositat mínima	Mitjana	77,616	0,182
	Desviació típica	20,572	
	Asimetria	-0,834	0,022
	Apuntament	0,790	0,043
Elongació	Mitjana	2,075	0,007
	Desviació típica	0,759	
	Asimetria	1,524	0,022
	Apuntament	3,909	0,043
Circularitat	Mitjana	0,340	0,002
	Desviació típica	0,198	
	Asimetria	1,021	0,022
	Apuntament	1,018	0,043
Quadratura	Mitjana	1,776	0,007
	Desviació típica	0,736	
	Asimetria	3,172	0,022
	Apuntament	19,207	0,043

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,119	0,001
	Desviació típica	0,106	
	Asimetria	2,703	0,022
	Apuntament	10,264	0,043
Compacitat A	Mitjana	59,113	0,664
	Desviació típica	75,148	
	Asimetria	9,361	0,022
	Apuntament	152,443	0,043
Irregularitat	Mitjana	0,997	0,014
	Desviació típica	1,573	
	Asimetria	10,710	0,022
	Apuntament	180,962	0,043
Rectangularitat A	Mitjana	0,659	0,000
	Desviació típica	0,039	
	Asimetria	2,461	0,022
	Apuntament	7,856	0,043
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,446	0,017
	Desviació típica	1,893	
	Asimetria	2,865	0,022
	Apuntament	15,545	0,043
Diàmetre Feret	Mitjana	6,074	0,040
	Desviació típica	4,513	
	Asimetria	6,935	0,022
	Apuntament	79,581	0,043
Compacitat B	Mitjana	0,712	0,001
	Desviació típica	0,114	
	Asimetria	-0,027	0,022
	Apuntament	-0,509	0,043
Rectangularitat B	Mitjana	13,118	0,332
	Desviació típica	37,566	
	Asimetria	20,398	0,022
	Apuntament	657,395	0,043

Taula A.1-5 – Descriptius per a les distribucions de téxels: fusta fresca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	68,758	3,133
	Desviació típica	319,214	
	Asimetria	17,604	0,024
	Apuntament	411,513	0,048
Mitja de la lluminositat	Mitjana	105,252	0,066
	Desviació típica	6,740	
	Asimetria	-0,457	0,024
	Apuntament	0,602	0,048
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	10,630	0,046
	Desviació típica	4,647	
	Asimetria	0,652	0,024
	Apuntament	1,478	0,048
Moda de la lluminositat	Mitjana	105,275	0,134
	Desviació típica	13,668	
	Asimetria	-1,534	0,024
	Apuntament	3,555	0,048
Lluminositat mínima	Mitjana	81,473	0,179
	Desviació típica	18,272	
	Asimetria	-0,816	0,024
	Apuntament	1,336	0,048
Elongació	Mitjana	2,097	0,008
	Desviació típica	0,787	
	Asimetria	1,561	0,024
	Apuntament	3,880	0,048
Circularitat	Mitjana	0,354	0,002
	Desviació típica	0,210	
	Asimetria	0,960	0,024
	Apuntament	0,746	0,048
Quadratura	Mitjana	1,762	0,008
	Desviació típica	0,768	
	Asimetria	3,055	0,024
	Apuntament	16,191	0,048

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,127	0,001
	Desviació típica	0,116	
	Asimetria	2,505	0,024
	Apuntament	8,407	0,048
Compacitat A	Mitjana	59,109	0,760
	Desviació típica	77,481	
	Asimetria	7,763	0,024
	Apuntament	97,027	0,048
Irregularitat	Mitjana	0,992	0,020
	Desviació típica	1,999	
	Asimetria	9,723	0,024
	Apuntament	135,640	0,048
Rectangularitat A	Mitjana	0,659	0,000
	Desviació típica	0,039	
	Asimetria	2,611	0,024
	Apuntament	9,735	0,048
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,378	0,018
	Desviació típica	1,885	
	Asimetria	2,629	0,024
	Apuntament	12,204	0,048
Diàmetre Feret	Mitjana	6,840	0,063
	Desviació típica	6,384	
	Asimetria	6,513	0,024
	Apuntament	64,931	0,048
Compacitat B	Mitjana	0,710	0,001
	Desviació típica	0,115	
	Asimetria	-0,056	0,024
	Apuntament	-0,515	0,048
Rectangularitat B	Mitjana	19,839	0,748
	Desviació típica	76,237	
	Asimetria	16,892	0,024
	Apuntament	399,495	0,048

Taula A.1.6 – Descriptius per a les distribucions de téxels: fusta seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	59,279	2,615
	Desviació típica	268,054	
	Asimetria	17,147	0,024
	Apuntament	370,821	0,048
Mitja de la lluminositat	Mitjana	104,844	0,071
	Desviació típica	7,285	
	Asimetria	-0,881	0,024
	Apuntament	2,047	0,048
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,087	0,051
	Desviació típica	5,225	
	Asimetria	0,951	0,024
	Apuntament	1,800	0,048
Moda de la lluminositat	Mitjana	104,808	0,143
	Desviació típica	14,632	
	Asimetria	-1,822	0,024
	Apuntament	4,992	0,048
Lluminositat mínima	Mitjana	80,045	0,195
	Desviació típica	19,970	
	Asimetria	-0,953	0,024
	Apuntament	1,271	0,048
Elongació	Mitjana	2,102	0,008
	Desviació típica	0,853	
	Asimetria	2,155	0,024
	Apuntament	10,788	0,048
Circularitat	Mitjana	0,391	0,002
	Desviació típica	0,228	
	Asimetria	0,867	0,024
	Apuntament	0,330	0,048
Quadratura	Mitjana	1,664	0,007
	Desviació típica	0,704	
	Asimetria	3,331	0,024
	Apuntament	22,684	0,048

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,147	0,001
	Desviació típica	0,134	
	Asimetria	2,215	0,024
	Apuntament	5,872	0,048
Compacitat A	Mitjana	52,208	0,686
	Desviació típica	70,296	
	Asimetria	11,738	0,024
	Apuntament	265,997	0,048
Irregularitat	Mitjana	0,991	0,018
	Desviació típica	1,814	
	Asimetria	10,128	0,024
	Apuntament	148,614	0,048
Rectangularitat A	Mitjana	0,655	0,000
	Desviació típica	0,035	
	Asimetria	2,909	0,024
	Apuntament	12,136	0,048
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,145	0,017
	Desviació típica	1,711	
	Asimetria	2,873	0,024
	Apuntament	16,922	0,048
Diàmetre Feret	Mitjana	6,535	0,056
	Desviació típica	5,725	
	Asimetria	6,808	0,024
	Apuntament	70,212	0,048
Compacitat B	Mitjana	0,714	0,001
	Desviació típica	0,120	
	Asimetria	-0,124	0,024
	Apuntament	-0,459	0,048
Rectangularitat B	Mitjana	18,062	0,674
	Desviació típica	69,091	
	Asimetria	16,249	0,024
	Apuntament	345,925	0,048

Taula A.1.7 – Descriptius per a les distribucions de téxels: os.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	95,292	3,783
	Desviació típica	461,036	
	Asimetria	12,847	0,020
	Apuntament	217,273	0,040
Mitja de la lluminositat	Mitjana	104,810	0,069
	Desviació típica	8,366	
	Asimetria	-0,549	0,020
	Apuntament	0,207	0,040
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,702	0,051
	Desviació típica	6,193	
	Asimetria	0,519	0,020
	Apuntament	0,109	0,040
Moda de la lluminositat	Mitjana	105,928	0,131
	Desviació típica	15,942	
	Asimetria	-1,939	0,020
	Apuntament	4,609	0,040
Lluminositat mínima	Mitjana	77,047	0,199
	Desviació típica	24,192	
	Asimetria	-0,635	0,020
	Apuntament	0,049	0,040
Elongació	Mitjana	2,037	0,007
	Desviació típica	0,800	
	Asimetria	2,595	0,020
	Apuntament	17,081	0,040
Circularitat	Mitjana	0,367	0,002
	Desviació típica	0,219	
	Asimetria	0,884	0,020
	Apuntament	0,482	0,040
Quadratura	Mitjana	1,746	0,007
	Desviació típica	0,803	
	Asimetria	3,364	0,020
	Apuntament	20,388	0,040

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,134	0,001
	Desviació típica	0,123	
	Asimetria	2,356	0,020
	Apuntament	7,242	0,040
Compacitat A	Mitjana	59,112	0,712
	Desviació típica	86,817	
	Asimetria	9,852	0,020
	Apuntament	169,690	0,040
Irregularitat	Mitjana	0,986	0,018
	Desviació típica	2,237	
	Asimetria	9,513	0,020
	Apuntament	126,280	0,040
Rectangularitat A	Mitjana	0,659	0,000
	Desviació típica	0,038	
	Asimetria	2,372	0,020
	Apuntament	6,983	0,040
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,390	0,016
	Desviació típica	1,953	
	Asimetria	3,002	0,020
	Apuntament	16,984	0,040
Diàmetre Feret	Mitjana	7,394	0,067
	Desviació típica	8,165	
	Asimetria	6,113	0,020
	Apuntament	50,116	0,040
Compacitat B	Mitjana	0,720	0,001
	Desviació típica	0,116	
	Asimetria	-0,135	0,020
	Apuntament	-0,392	0,040
Rectangularitat B	Mitjana	27,533	0,969
	Desviació típica	118,087	
	Asimetria	12,045	0,020
	Apuntament	188,863	0,040

Taula A.1.8 – Descriptius per a les distribucions de téxels: petxina.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	110,215	6,211
	Desviació típica	531,675	
	Asimetria	11,809	0,029
	Apuntament	178,070	0,057
Mitja de la lluminositat	Mitjana	106,093	0,088
	Desviació típica	7,566	
	Asimetria	-0,538	0,029
	Apuntament	0,040	0,057
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	10,391	0,064
	Desviació típica	5,441	
	Asimetria	0,643	0,029
	Apuntament	0,710	0,057
Moda de la lluminositat	Mitjana	106,928	0,163
	Desviació típica	13,978	
	Asimetria	-1,877	0,029
	Apuntament	4,899	0,057
Lluminositat mínima	Mitjana	81,366	0,258
	Desviació típica	22,047	
	Asimetria	-0,821	0,029
	Apuntament	0,649	0,057
Elongació	Mitjana	2,066	0,009
	Desviació típica	0,795	
	Asimetria	1,847	0,029
	Apuntament	6,900	0,057
Circularitat	Mitjana	0,374	0,003
	Desviació típica	0,223	
	Asimetria	0,863	0,029
	Apuntament	0,460	0,057
Quadratura	Mitjana	1,739	0,010
	Desviació típica	0,826	
	Asimetria	3,214	0,029
	Apuntament	16,133	0,057

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,138	0,001
	Desviació típica	0,127	
	Asimetria	2,304	0,029
	Apuntament	6,653	0,057
Compacitat A	Mitjana	59,298	1,012
	Desviació típica	86,655	
	Asimetria	7,204	0,029
	Apuntament	77,069	0,057
Irregularitat	Mitjana	0,996	0,029
	Desviació típica	2,495	
	Asimetria	8,324	0,029
	Apuntament	88,635	0,057
Rectangularitat A	Mitjana	0,659	0,000
	Desviació típica	0,039	
	Asimetria	2,420	0,029
	Apuntament	7,523	0,057
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,345	0,024
	Desviació típica	2,014	
	Asimetria	3,061	0,029
	Apuntament	16,482	0,057
Diàmetre Feret	Mitjana	7,699	0,105
	Desviació típica	9,003	
	Asimetria	5,852	0,029
	Apuntament	44,807	0,057
Compacitat B	Mitjana	0,715	0,001
	Desviació típica	0,117	
	Asimetria	-0,103	0,029
	Apuntament	-0,515	0,057
Rectangularitat B	Mitjana	30,499	1,509
	Desviació típica	129,181	
	Asimetria	10,940	0,029
	Apuntament	149,211	0,057

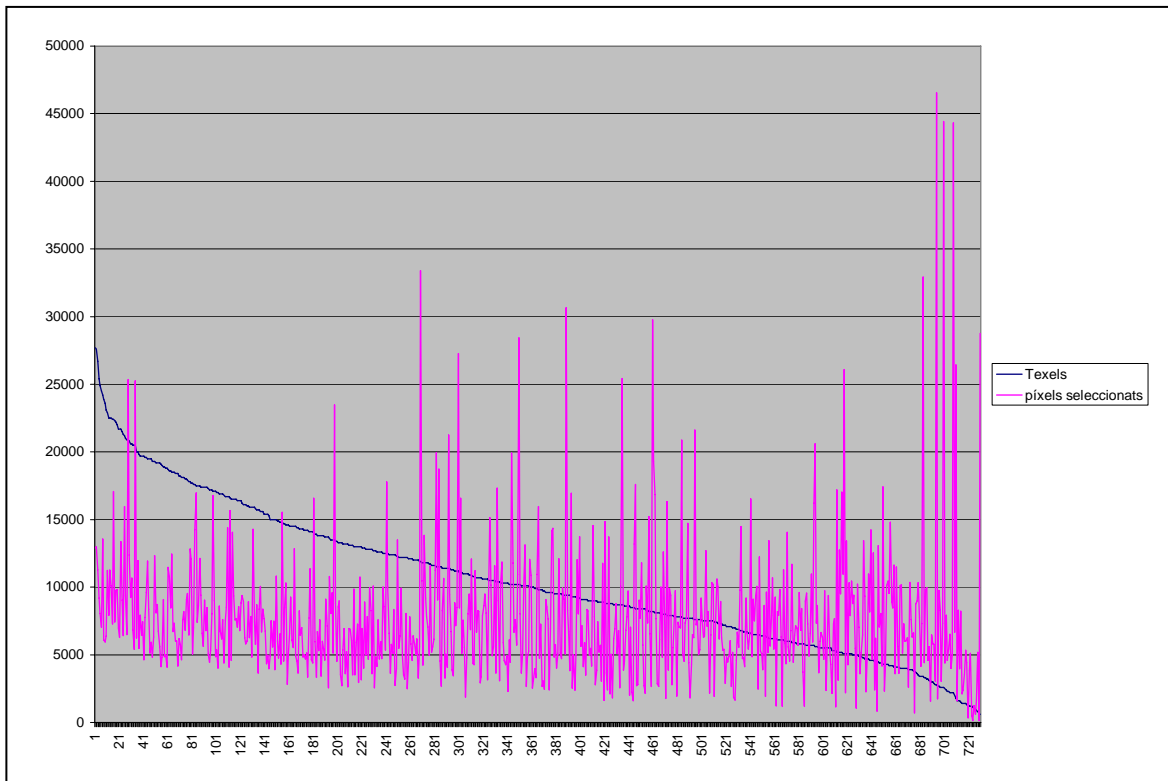
Taula A.1.9 – Descriptius per a les distribucions de téxels: sense distingir matèries treballades.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	66,649	1,193
	Desviació típica	331,043	
	Asimetria	17,433	0,009
	Apuntament	404,739	0,018
Mitja de la lluminositat	Mitjana	104,008	0,029
	Desviació típica	7,967	
	Asimetria	-0,558	0,009
	Apuntament	0,525	0,018
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	12,260	0,022
	Desviació típica	6,081	
	Asimetria	0,634	0,009
	Apuntament	0,417	0,018
Moda de la lluminositat	Mitjana	104,471	0,059
	Desviació típica	16,405	
	Asimetria	-1,910	0,009
	Apuntament	4,717	0,018
Lluminositat mínima	Mitjana	75,376	0,085
	Desviació típica	23,507	
	Asimetria	-0,693	0,009
	Apuntament	0,189	0,018
Elongació	Mitjana	2,061	0,003
	Desviació típica	0,783	
	Asimetria	1,900	0,009
	Apuntament	8,339	0,018
Circularitat	Mitjana	0,356	0,001
	Desviació típica	0,213	
	Asimetria	0,983	0,009
	Apuntament	0,775	0,018
Quadratura	Mitjana	1,753	0,003
	Desviació típica	0,755	
	Asimetria	3,131	0,009
	Apuntament	18,306	0,018

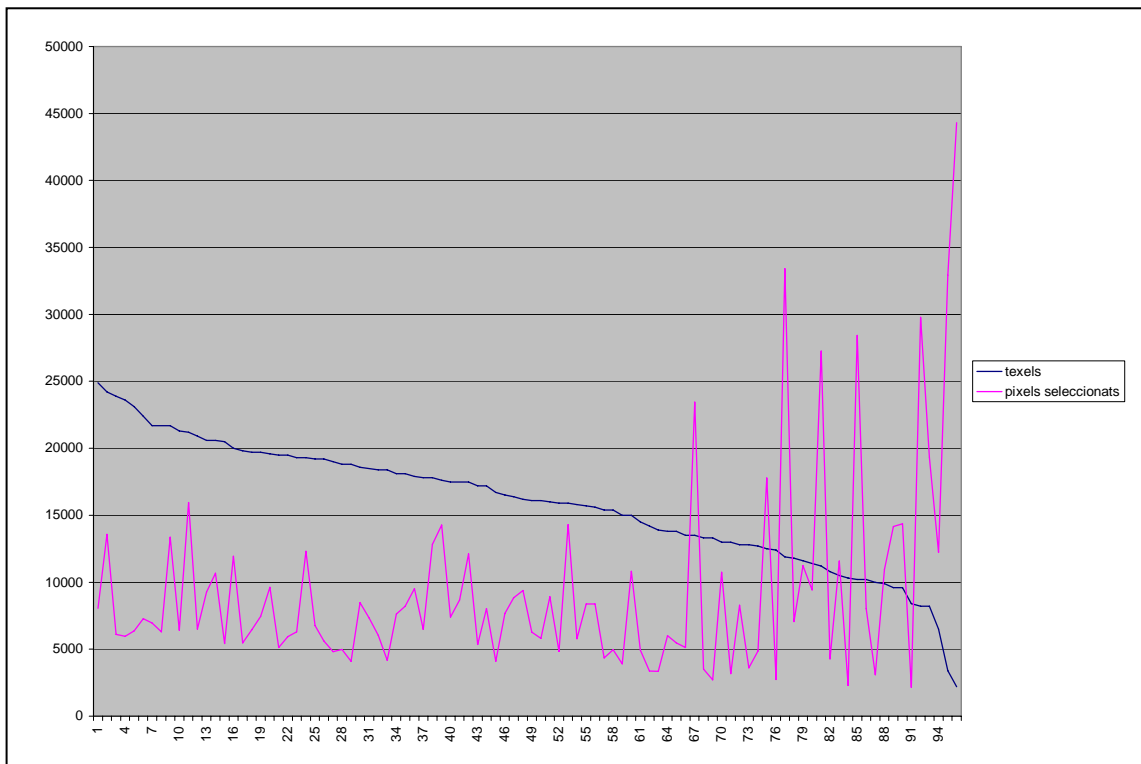
		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,129	0,000
	Desviació típica	0,119	
	Asimetria	2,494	0,009
	Apuntament	8,110	0,018
Compacitat A	Mitjana	58,275	0,277
	Desviació típica	76,891	
	Asimetria	9,247	0,009
	Apuntament	156,902	0,018
Irregularitat	Mitjana	0,990	0,007
	Desviació típica	1,899	
	Asimetria	10,101	0,009
	Apuntament	148,562	0,018
Rectangularitat A	Mitjana	0,659	0,000
	Desviació típica	0,039	
	Asimetria	2,461	0,009
	Apuntament	7,941	0,018
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,393	0,007
	Desviació típica	1,882	
	Asimetria	2,820	0,009
	Apuntament	15,440	0,018
Diàmetre Feret	Mitjana	6,677	0,023
	Desviació típica	6,346	
	Asimetria	7,064	0,009
	Apuntament	73,370	0,018
Compacitat B	Mitjana	0,716	0,000
	Desviació típica	0,116	
	Asimetria	-0,088	0,009
	Apuntament	-0,491	0,018
Rectangularitat B	Mitjana	19,316	0,291
	Desviació típica	80,675	
	Asimetria	16,500	0,009
	Apuntament	367,717	0,018

Gràfics A-1 – Relació entre nombre de píxels seleccionats i nombre de téxels emergents en les imatges:

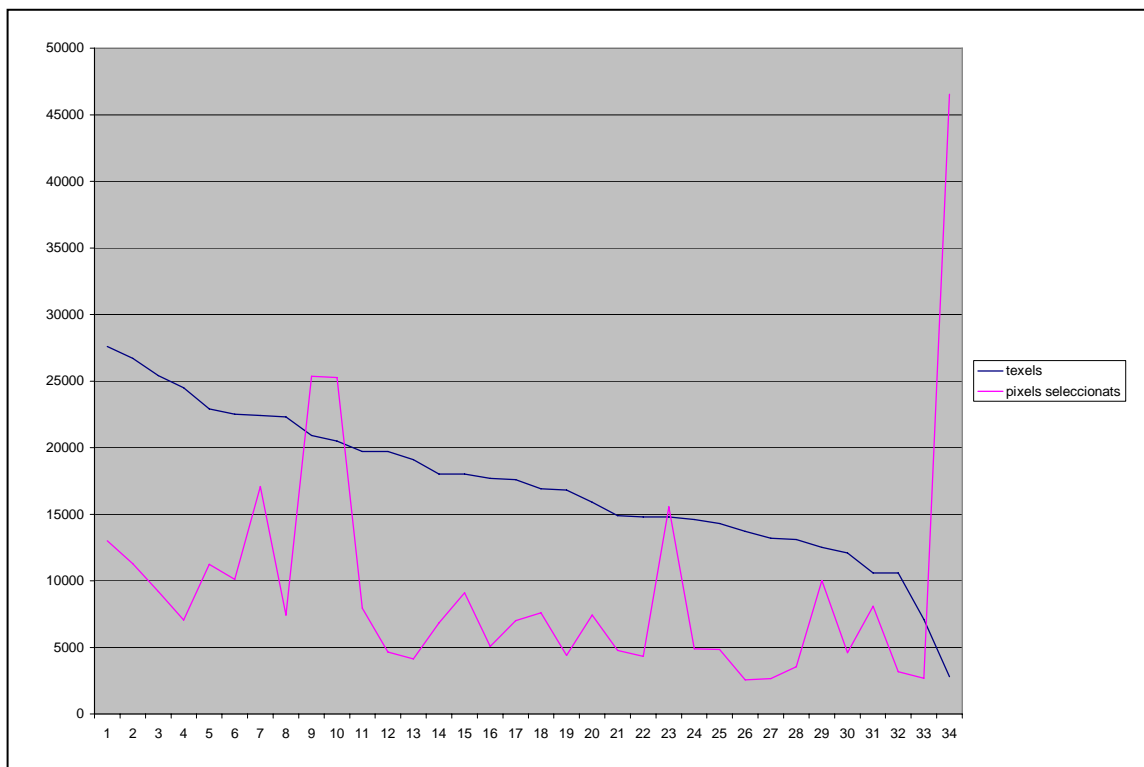
Gràfic A-1.1 – Sense distingir entre matèries treballades.



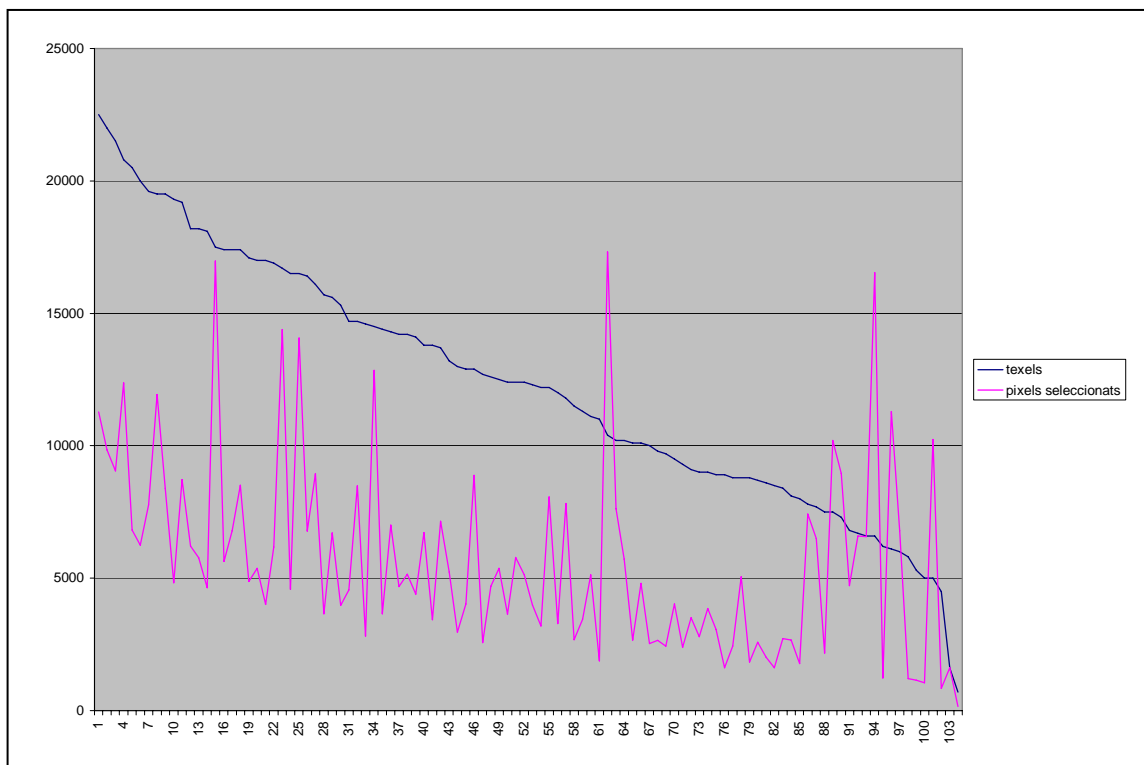
Gràfic A-1.2 – Per a descarni.



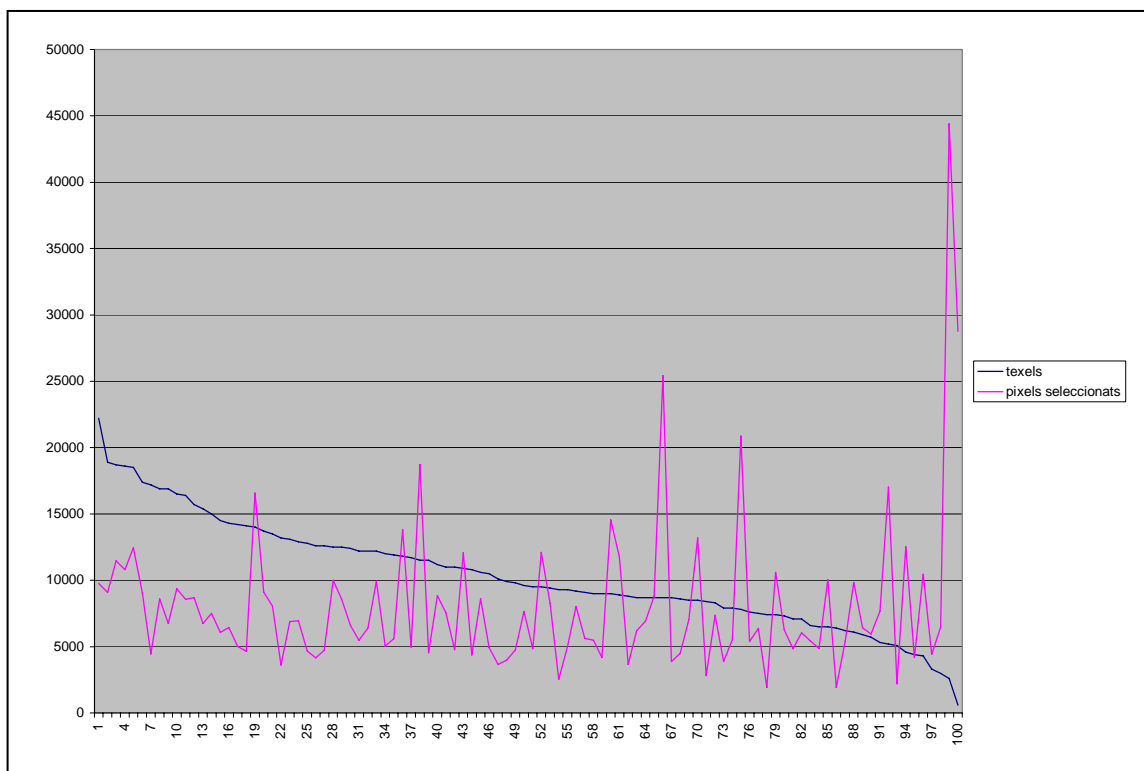
Gràfic A.1.3 – Per a pell fresca.



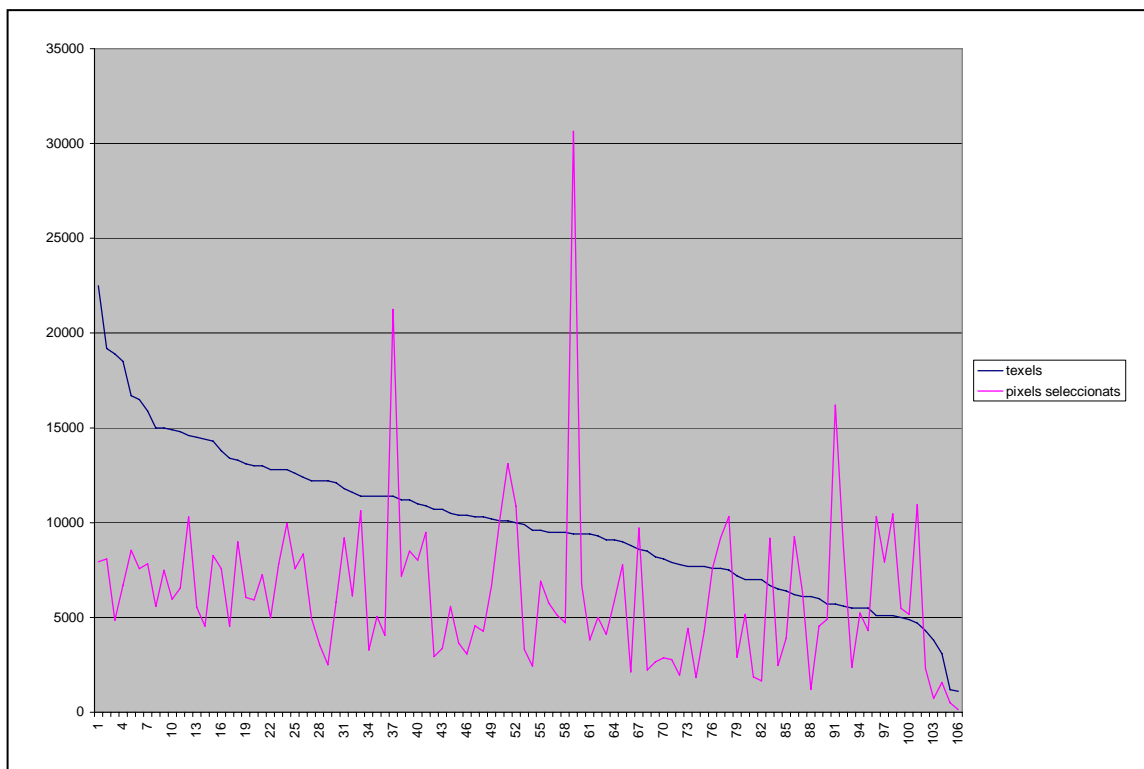
Gràfic A.1.4 – Per a pell seca.



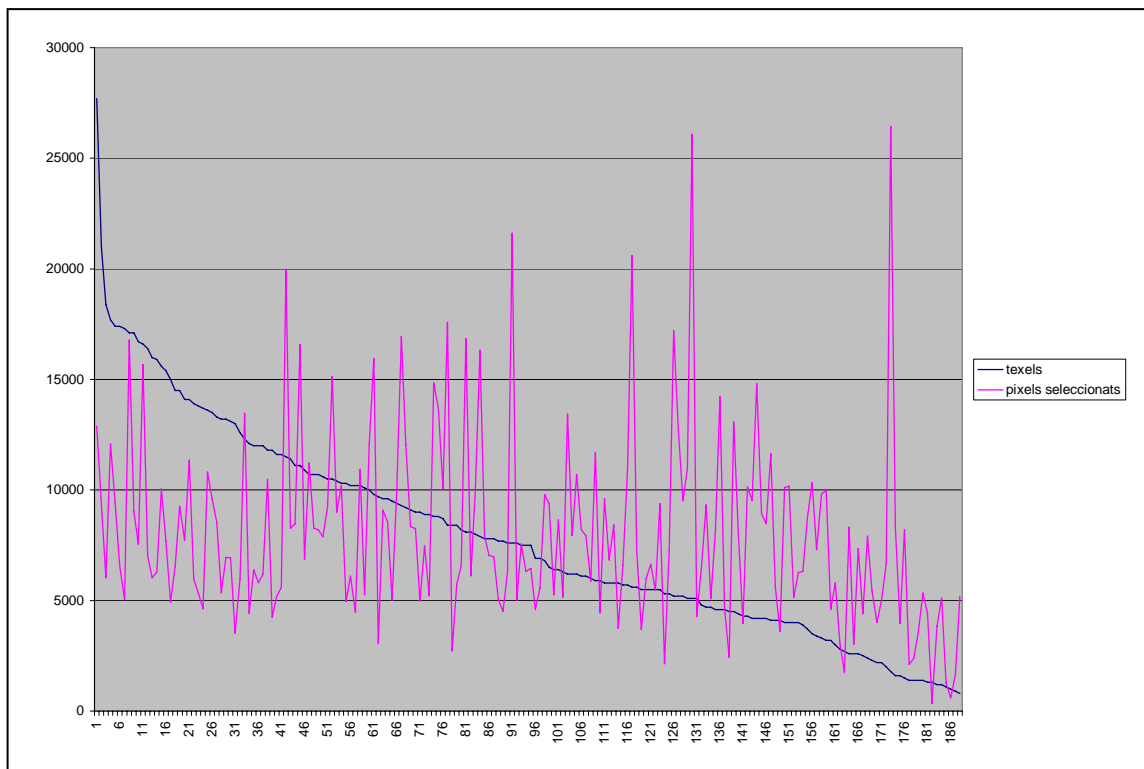
Gràfic A-1-5 – Per a fusta fresca.



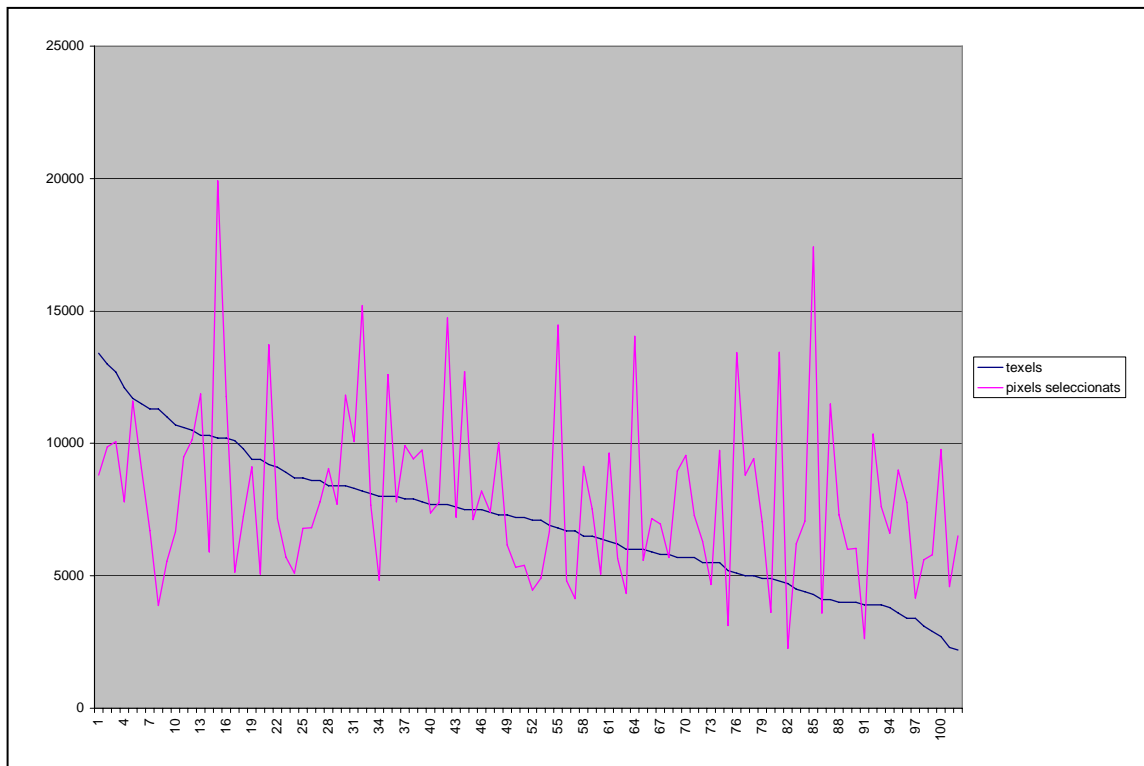
Gràfic A-1-6 – Per a fusta seca.



Gràfic A-1-7 – Per a os.



Gràfic A-1-8 – Per a petxina.



Taules A-2 – Descriptius de les distribucions de téxels de –51 píxels:

Taula A-2.1 – Síntesis de descriptius per a les distribucions dels téxels de –51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Àrea del texel								
Mitjana	19,510	19,447	19,197	19,695	19,771	19,817	19,959	19,609
Desviació típica	9,764	9,806	9,524	9,988	9,883	9,886	10,125	9,831
Asimetria	1,255	1,252	1,307	1,234	1,167	1,186	1,165	1,228
Apuntament	0,797	0,722	0,995	0,717	0,490	0,580	0,482	0,698

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Mitja de la lluminositat								
Mitjana	101,661	101,249	104,841	105,661	105,234	105,237	106,602	104,308
Desviació típica	8,802	8,203	6,959	6,744	7,365	8,184	7,477	7,972
Asimetria	-0,307	-0,408	-0,789	-0,574	-0,983	-0,572	-0,631	-0,622
Apuntament	-0,144	0,238	2,636	0,910	2,381	0,301	0,318	0,708
Desviació típica de la lluminositat								
Mitjana	14,894	14,831	11,548	10,440	10,909	11,500	10,122	12,114
Desviació típica	6,981	6,376	5,306	4,738	5,345	6,234	5,525	6,167
Asimetria	0,263	0,366	0,811	0,752	1,013	0,607	0,780	0,697
Apuntament	-0,259	-0,020	1,167	1,694	1,902	0,318	1,083	0,535
Moda de la lluminositat								
Mitjana	100,553	99,488	104,136	104,677	104,223	104,784	106,061	103,421
Desviació típica	20,793	20,416	15,272	14,138	15,194	16,631	14,614	17,142
Asimetria	-1,647	-1,544	-1,851	-1,547	-1,804	-1,840	-1,847	-1,834
Apuntament	2,657	2,389	4,877	3,535	4,767	4,104	4,674	4,215
Lluminositat mínima								
Mitjana	68,167	68,448	80,046	84,051	82,418	80,171	84,870	78,036
Desviació típica	24,933	22,995	19,063	16,821	18,765	22,177	19,634	21,972
Asimetria	-0,244	-0,383	-0,838	-0,786	-0,968	-0,626	-0,772	-0,702
Apuntament	-0,540	-0,188	0,994	1,464	1,484	0,194	0,761	0,323

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Elongació								
Mitjana	2,023	2,041	2,083	2,088	2,078	2,017	2,062	2,053
Desviació típica	0,727	0,756	0,764	0,773	0,813	0,731	0,785	0,761
Asimetria	1,467	1,538	1,542	1,499	1,849	1,610	1,588	1,597
Apuntament	3,504	3,630	3,992	3,493	7,182	4,856	3,714	4,548
Circularitat								
Mitjana	0,366	0,386	0,374	0,400	0,431	0,415	0,427	0,397
Desviació típica	0,196	0,201	0,190	0,201	0,220	0,210	0,212	0,205
Asimetria	1,233	1,105	1,120	1,022	0,905	0,932	0,930	1,045
Apuntament	1,449	1,002	1,118	0,757	0,285	0,439	0,452	0,778
Quadratura								
Mitjana	1,620	1,572	1,589	1,539	1,489	1,514	1,489	1,551
Desviació típica	0,424	0,409	0,402	0,396	0,395	0,396	0,383	0,406
Asimetria	0,655	0,698	0,676	0,762	0,793	0,769	0,753	0,726
Apuntament	0,382	0,455	0,412	0,648	0,696	0,587	0,509	0,513
Ratio Circularitat/Estretor								
Mitjana	0,130	0,140	0,133	0,146	0,165	0,155	0,161	0,146
Desviació típica	0,112	0,118	0,109	0,120	0,138	0,127	0,131	0,122
Asimetria	2,706	2,511	2,697	2,443	2,141	2,262	2,213	2,431
Apuntament	9,389	7,910	9,816	7,641	5,249	6,314	5,770	7,366
Compacitat A								
Mitjana	44,896	42,210	43,001	40,399	37,963	39,170	37,827	41,113
Desviació típica	24,232	22,764	22,466	21,704	21,112	21,429	20,298	22,360
Asimetria	1,411	1,459	1,408	1,552	1,619	1,554	1,492	1,499
Apuntament	2,861	3,141	2,873	3,633	4,153	3,762	3,170	3,352
Irregularitat								
Mitjana	0,636	0,634	0,649	0,522	0,586	0,469	0,417	0,565
Desviació típica	0,337	0,333	0,341	0,271	0,300	0,252	0,213	0,311
Asimetria	1,413	1,507	1,517	1,494	1,487	1,566	1,648	1,568
Apuntament	2,574	3,348	3,183	2,913	3,146	3,421	4,462	3,499

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Rectangularitat A								
Mitjana	0,655	0,653	0,653	0,651	0,650	0,652	0,651	0,652
Desviació típica	0,034	0,032	0,031	0,031	0,028	0,030	0,029	0,031
Asimetria	2,547	2,602	2,581	2,936	3,103	2,844	2,710	2,748
Apuntament	8,485	8,381	8,094	12,007	14,552	11,187	9,060	10,071
Ratio Perimetre/Eix Major								
Mitjana	4,125	3,988	4,000	3,870	3,759	3,860	3,769	3,927
Desviació típica	1,213	1,151	1,151	1,124	1,094	1,108	1,071	1,145
Asimetria	0,990	1,051	1,049	1,178	1,222	1,138	1,082	1,098
Apuntament	1,060	1,203	1,375	1,897	1,904	1,587	1,243	1,449
Diametre Feret								
Mitjana	4,849	4,840	4,814	4,868	4,880	4,886	4,899	4,860
Desviació típica	1,151	1,156	1,127	1,173	1,165	1,163	1,188	1,158
Asimetria	0,905	0,916	0,947	0,887	0,839	0,845	0,833	0,884
Apuntament	-0,113	-0,138	0,008	-0,172	-0,307	-0,256	-0,320	-0,177
Compacitat B								
Mitjana	0,723	0,721	0,714	0,715	0,719	0,725	0,720	0,720
Desviació típica	0,114	0,115	0,114	0,115	0,119	0,114	0,117	0,115
Asimetria	-0,056	-0,107	-0,030	-0,054	-0,104	-0,077	-0,124	-0,073
Apuntament	-0,578	-0,580	-0,505	-0,538	-0,517	-0,530	-0,572	-0,540
Rectangularitat B								
Mitjana	6,656	6,671	6,597	6,796	6,877	6,839	6,905	6,752
Desviació típica	3,222	3,272	3,181	3,357	3,383	3,333	3,416	3,300
Asimetria	1,273	1,279	1,349	1,254	1,193	1,202	1,169	1,250
Apuntament	1,028	0,959	1,276	0,901	0,674	0,743	0,574	0,897

Taula A-2-2 – Descriptius de les distribucions de téxels de –51 píxels: descarni.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	19,510	0,086
	Desviació típica	9,764	
	Asimetria	1,255	0,022
	Apuntament	0,797	0,043
Mitja de la lluminositat	Mitjana	101,661	0,077
	Desviació típica	8,802	
	Asimetria	-0,307	0,022
	Apuntament	-0,144	0,043
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	14,894	0,061
	Desviació típica	6,981	
	Asimetria	0,263	0,022
	Apuntament	-0,259	0,043
Moda de la lluminositat	Mitjana	100,553	0,183
	Desviació típica	20,793	
	Asimetria	-1,647	0,022
	Apuntament	2,657	0,043
Lluminositat mínima	Mitjana	68,167	0,219
	Desviació típica	24,933	
	Asimetria	-0,244	0,022
	Apuntament	-0,540	0,043
Elongació	Mitjana	2,023	0,006
	Desviació típica	0,727	
	Asimetria	1,467	0,022
	Apuntament	3,504	0,043
Circularitat	Mitjana	0,366	0,002
	Desviació típica	0,196	
	Asimetria	1,233	0,022
	Apuntament	1,449	0,043
Quadratura	Mitjana	1,620	0,004
	Desviació típica	0,424	
	Asimetria	0,655	0,022
	Apuntament	0,382	0,043

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,130	0,001
	Desviació típica	0,112	
	Asimetria	2,706	0,022
	Apuntament	9,389	0,043
Compacitat A	Mitjana	44,896	0,213
	Desviació típica	24,232	
	Asimetria	1,411	0,022
	Apuntament	2,861	0,043
Irregularitat	Mitjana	0,636	0,003
	Desviació típica	0,337	
	Asimetria	1,413	0,022
	Apuntament	2,574	0,043
Rectangularitat A	Mitjana	0,655	0,000
	Desviació típica	0,034	
	Asimetria	2,547	0,022
	Apuntament	8,485	0,043
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,125	0,011
	Desviació típica	1,213	
	Asimetria	0,990	0,022
	Apuntament	1,060	0,043
Diàmetre Feret	Mitjana	4,849	0,010
	Desviació típica	1,151	
	Asimetria	0,905	0,022
	Apuntament	-0,113	0,043
Compacitat B	Mitjana	0,723	0,001
	Desviació típica	0,114	
	Asimetria	-0,056	0,022
	Apuntament	-0,578	0,043
Rectangularitat B	Mitjana	6,656	0,028
	Desviació típica	3,222	
	Asimetria	1,273	0,022
	Apuntament	1,028	0,043

Taula A-2.3 – Descriptius de les distribucions de téxels de –51 píxels: pell fresca

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	19,447	0,141
	Desviació típica	9,806	
	Asimetria	1,252	0,035
	Apuntament	0,722	0,070
Mitja de la lluminositat	Mitjana	101,249	0,118
	Desviació típica	8,203	
	Asimetria	-0,408	0,035
	Apuntament	0,238	0,070
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	14,831	0,091
	Desviació típica	6,376	
	Asimetria	0,366	0,035
	Apuntament	-0,020	0,070
Moda de la lluminositat	Mitjana	99,488	0,293
	Desviació típica	20,416	
	Asimetria	-1,544	0,035
	Apuntament	2,389	0,070
Lluminositat mínima	Mitjana	68,448	0,329
	Desviació típica	22,995	
	Asimetria	-0,383	0,035
	Apuntament	-0,188	0,070
Elongació	Mitjana	2,041	0,011
	Desviació típica	0,756	
	Asimetria	1,538	0,035
	Apuntament	3,630	0,070
Circularitat	Mitjana	0,386	0,003
	Desviació típica	0,201	
	Asimetria	1,105	0,035
	Apuntament	1,002	0,070
Quadratura	Mitjana	1,572	0,006
	Desviació típica	0,409	
	Asimetria	0,698	0,035
	Apuntament	0,455	0,070

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,140	0,002
	Desviació típica	0,118	
	Asimetria	2,511	0,035
	Apuntament	7,910	0,070
Compacitat A	Mitjana	42,210	0,326
	Desviació típica	22,764	
	Asimetria	1,459	0,035
	Apuntament	3,141	0,070
Irregularitat	Mitjana	0,634	0,005
	Desviació típica	0,333	
	Asimetria	1,507	0,035
	Apuntament	3,348	0,070
Rectangularitat A	Mitjana	0,653	0,000
	Desviació típica	0,032	
	Asimetria	2,602	0,035
	Apuntament	8,381	0,070
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	3,988	0,016
	Desviació típica	1,151	
	Asimetria	1,051	0,035
	Apuntament	1,203	0,070
Diàmetre Feret	Mitjana	4,840	0,017
	Desviació típica	1,156	
	Asimetria	0,916	0,035
	Apuntament	-0,138	0,070
Compacitat B	Mitjana	0,721	0,002
	Desviació típica	0,115	
	Asimetria	-0,107	0,035
	Apuntament	-0,580	0,070
Rectangularitat B	Mitjana	6,671	0,047
	Desviació típica	3,272	
	Asimetria	1,279	0,035
	Apuntament	0,959	0,070

Taula A-2.4 – Descriptius de les distribucions de téxels de –51 píxels: pell seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	19,197	0,091
	Desviació típica	9,524	
	Asimetria	1,307	0,023
	Apuntament	0,995	0,047
Mitja de la lluminositat	Mitjana	104,841	0,067
	Desviació típica	6,959	
	Asimetria	-0,789	0,023
	Apuntament	2,636	0,047
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,548	0,051
	Desviació típica	5,306	
	Asimetria	0,811	0,023
	Apuntament	1,167	0,047
Moda de la lluminositat	Mitjana	104,136	0,146
	Desviació típica	15,272	
	Asimetria	-1,851	0,023
	Apuntament	4,877	0,047
Lluminositat mínima	Mitjana	80,046	0,183
	Desviació típica	19,063	
	Asimetria	-0,838	0,023
	Apuntament	0,994	0,047
Elongació	Mitjana	2,083	0,007
	Desviació típica	0,764	
	Asimetria	1,542	0,023
	Apuntament	3,992	0,047
Circularitat	Mitjana	0,374	0,002
	Desviació típica	0,190	
	Asimetria	1,120	0,023
	Apuntament	1,118	0,047
Quadratura	Mitjana	1,589	0,004
	Desviació típica	0,402	
	Asimetria	0,676	0,023
	Apuntament	0,412	0,047

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,133	0,001
	Desviació típica	0,109	
	Asimetria	2,697	0,023
	Apuntament	9,816	0,047
Compacitat A	Mitjana	43,001	0,215
	Desviació típica	22,466	
	Asimetria	1,408	0,023
	Apuntament	2,873	0,047
Irregularitat	Mitjana	0,649	0,003
	Desviació típica	0,341	
	Asimetria	1,517	0,023
	Apuntament	3,183	0,047
Rectangularitat A	Mitjana	0,653	0,000
	Desviació típica	0,031	
	Asimetria	2,581	0,023
	Apuntament	8,094	0,047
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	4,000	0,011
	Desviació típica	1,151	
	Asimetria	1,049	0,023
	Apuntament	1,375	0,047
Diàmetre Feret	Mitjana	4,814	0,011
	Desviació típica	1,127	
	Asimetria	0,947	0,023
	Apuntament	0,008	0,047
Compacitat B	Mitjana	0,714	0,001
	Desviació típica	0,114	
	Asimetria	-0,030	0,023
	Apuntament	-0,505	0,047
Rectangularitat B	Mitjana	6,597	0,030
	Desviació típica	3,181	
	Asimetria	1,349	0,023
	Apuntament	1,276	0,047

Taula A-2.5 – Descriptius de les distribucions de téxels de –51 píxels: fusta fresca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	19,695	0,109
	Desviació típica	9,988	
	Asimetria	1,234	0,027
	Apuntament	0,717	0,054
Mitja de la lluminositat	Mitjana	105,661	0,074
	Desviació típica	6,744	
	Asimetria	-0,574	0,027
	Apuntament	0,910	0,054
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	10,440	0,052
	Desviació típica	4,738	
	Asimetria	0,752	0,027
	Apuntament	1,694	0,054
Moda de la lluminositat	Mitjana	104,677	0,155
	Desviació típica	14,138	
	Asimetria	-1,547	0,027
	Apuntament	3,535	0,054
Lluminositat mínima	Mitjana	84,051	0,184
	Desviació típica	16,821	
	Asimetria	-0,786	0,027
	Apuntament	1,464	0,054
Elongació	Mitjana	2,088	0,008
	Desviació típica	0,773	
	Asimetria	1,499	0,027
	Apuntament	3,493	0,054
Circularitat	Mitjana	0,400	0,002
	Desviació típica	0,201	
	Asimetria	1,022	0,027
	Apuntament	0,757	0,054
Quadratura	Mitjana	1,539	0,004
	Desviació típica	0,396	
	Asimetria	0,762	0,027
	Apuntament	0,648	0,054

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,146	0,001
	Desviació típica	0,120	
	Asimetria	2,443	0,027
	Apuntament	7,641	0,054
Compacitat A	Mitjana	40,399	0,237
	Desviació típica	21,704	
	Asimetria	1,552	0,027
	Apuntament	3,633	0,054
Irregularitat	Mitjana	0,522	0,003
	Desviació típica	0,271	
	Asimetria	1,494	0,027
	Apuntament	2,913	0,054
Rectangularitat A	Mitjana	0,651	0,000
	Desviació típica	0,031	
	Asimetria	2,936	0,027
	Apuntament	12,007	0,054
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	3,870	0,012
	Desviació típica	1,124	
	Asimetria	1,178	0,027
	Apuntament	1,897	0,054
Diàmetre Feret	Mitjana	4,868	0,013
	Desviació típica	1,173	
	Asimetria	0,887	0,027
	Apuntament	-0,172	0,054
Compacitat B	Mitjana	0,715	0,001
	Desviació típica	0,115	
	Asimetria	-0,054	0,027
	Apuntament	-0,538	0,054
Rectangularitat B	Mitjana	6,796	0,037
	Desviació típica	3,357	
	Asimetria	1,254	0,027
	Apuntament	0,901	0,054

Taula A-2.6 – Descriptius de les distribucions de téxels de –51 píxels: fusta seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	19,771	0,106
	Desviació típica	9,883	
	Asimetria	1,167	0,026
	Apuntament	0,490	0,053
Mitja de la lluminositat	Mitjana	105,234	0,079
	Desviació típica	7,365	
	Asimetria	-0,983	0,026
	Apuntament	2,381	0,053
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	10,909	0,057
	Desviació típica	5,345	
	Asimetria	1,013	0,026
	Apuntament	1,902	0,053
Moda de la lluminositat	Mitjana	104,223	0,163
	Desviació típica	15,194	
	Asimetria	-1,804	0,026
	Apuntament	4,767	0,053
Lluminositat mínima	Mitjana	82,418	0,201
	Desviació típica	18,765	
	Asimetria	-0,968	0,026
	Apuntament	1,484	0,053
Elongació	Mitjana	2,078	0,009
	Desviació típica	0,813	
	Asimetria	1,849	0,026
	Apuntament	7,182	0,053
Circularitat	Mitjana	0,431	0,002
	Desviació típica	0,220	
	Asimetria	0,905	0,026
	Apuntament	0,285	0,053
Quadratura	Mitjana	1,489	0,004
	Desviació típica	0,395	
	Asimetria	0,793	0,026
	Apuntament	0,696	0,053

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,165	0,001
	Desviació típica	0,138	
	Asimetria	2,141	0,026
	Apuntament	5,249	0,053
Compacitat A	Mitjana	37,963	0,226
	Desviació típica	21,112	
	Asimetria	1,619	0,026
	Apuntament	4,153	0,053
Irregularitat	Mitjana	0,586	0,003
	Desviació típica	0,300	
	Asimetria	1,487	0,026
	Apuntament	3,146	0,053
Rectangularitat A	Mitjana	0,650	0,000
	Desviació típica	0,028	
	Asimetria	3,103	0,026
	Apuntament	14,552	0,053
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	3,759	0,012
	Desviació típica	1,094	
	Asimetria	1,222	0,026
	Apuntament	1,904	0,053
Diàmetre Feret	Mitjana	4,880	0,012
	Desviació típica	1,165	
	Asimetria	0,839	0,026
	Apuntament	-0,307	0,053
Compacitat B	Mitjana	0,719	0,001
	Desviació típica	0,119	
	Asimetria	-0,104	0,026
	Apuntament	-0,517	0,053
Rectangularitat B	Mitjana	6,877	0,036
	Desviació típica	3,383	
	Asimetria	1,193	0,026
	Apuntament	0,674	0,053

Taula A-2-7 – Descriptius de les distribucions de téxels de –51 píxels: os.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	19,817	0,091
	Desviació típica	9,886	
	Asimetria	1,186	0,023
	Apuntament	0,580	0,045
Mitja de la lluminositat	Mitjana	105,237	0,076
	Desviació típica	8,184	
	Asimetria	-0,572	0,023
	Apuntament	0,301	0,045
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,500	0,058
	Desviació típica	6,234	
	Asimetria	0,607	0,023
	Apuntament	0,318	0,045
Moda de la lluminositat	Mitjana	104,784	0,154
	Desviació típica	16,631	
	Asimetria	-1,840	0,023
	Apuntament	4,104	0,045
Lluminositat mínima	Mitjana	80,171	0,205
	Desviació típica	22,177	
	Asimetria	-0,626	0,023
	Apuntament	0,194	0,045
Elongació	Mitjana	2,017	0,007
	Desviació típica	0,731	
	Asimetria	1,610	0,023
	Apuntament	4,856	0,045
Circularitat	Mitjana	0,415	0,002
	Desviació típica	0,210	
	Asimetria	0,932	0,023
	Apuntament	0,439	0,045
Quadratura	Mitjana	1,514	0,004
	Desviació típica	0,396	
	Asimetria	0,769	0,023
	Apuntament	0,587	0,045

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,155	0,001
	Desviació típica	0,127	
	Asimetria	2,262	0,023
	Apuntament	6,314	0,045
Compacitat A	Mitjana	39,170	0,198
	Desviació típica	21,429	
	Asimetria	1,554	0,023
	Apuntament	3,762	0,045
Irregularitat	Mitjana	0,469	0,002
	Desviació típica	0,252	
	Asimetria	1,566	0,023
	Apuntament	3,421	0,045
Rectangularitat A	Mitjana	0,652	0,000
	Desviació típica	0,030	
	Asimetria	2,844	0,023
	Apuntament	11,187	0,045
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	3,860	0,010
	Desviació típica	1,108	
	Asimetria	1,138	0,023
	Apuntament	1,587	0,045
Diàmetre Feret	Mitjana	4,886	0,011
	Desviació típica	1,163	
	Asimetria	0,845	0,023
	Apuntament	-0,256	0,045
Compacitat B	Mitjana	0,725	0,001
	Desviació típica	0,114	
	Asimetria	-0,077	0,023
	Apuntament	-0,530	0,045
Rectangularitat B	Mitjana	6,839	0,031
	Desviació típica	3,333	
	Asimetria	1,202	0,023
	Apuntament	0,743	0,045

Taula A-2.8 – Descriptius de les distribucions de téxels de –51 píxels: petxina.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	19,959	0,134
	Desviació típica	10,125	
	Asimetria	1,165	0,032
	Apuntament	0,482	0,065
Mitja de la lluminositat	Mitjana	106,602	0,099
	Desviació típica	7,477	
	Asimetria	-0,631	0,032
	Apuntament	0,318	0,065
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	10,122	0,073
	Desviació típica	5,525	
	Asimetria	0,780	0,032
	Apuntament	1,083	0,065
Moda de la lluminositat	Mitjana	106,061	0,194
	Desviació típica	14,614	
	Asimetria	-1,847	0,032
	Apuntament	4,674	0,065
Lluminositat mínima	Mitjana	84,870	0,260
	Desviació típica	19,634	
	Asimetria	-0,772	0,032
	Apuntament	0,761	0,065
Elongació	Mitjana	2,062	0,010
	Desviació típica	0,785	
	Asimetria	1,588	0,032
	Apuntament	3,714	0,065
Circularitat	Mitjana	0,427	0,003
	Desviació típica	0,212	
	Asimetria	0,930	0,032
	Apuntament	0,452	0,065
Quadratura	Mitjana	1,489	0,005
	Desviació típica	0,383	
	Asimetria	0,753	0,032
	Apuntament	0,509	0,065

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,161	0,002
	Desviació típica	0,131	
	Asimetria	2,213	0,032
	Apuntament	5,770	0,065
Compacitat A	Mitjana	37,827	0,269
	Desviació típica	20,298	
	Asimetria	1,492	0,032
	Apuntament	3,170	0,065
Irregularitat	Mitjana	0,417	0,003
	Desviació típica	0,213	
	Asimetria	1,648	0,032
	Apuntament	4,462	0,065
Rectangularitat A	Mitjana	0,651	0,000
	Desviació típica	0,029	
	Asimetria	2,710	0,032
	Apuntament	9,060	0,065
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	3,769	0,014
	Desviació típica	1,071	
	Asimetria	1,082	0,032
	Apuntament	1,243	0,065
Diàmetre Feret	Mitjana	4,899	0,016
	Desviació típica	1,188	
	Asimetria	0,833	0,032
	Apuntament	-0,320	0,065
Compacitat B	Mitjana	0,720	0,002
	Desviació típica	0,117	
	Asimetria	-0,124	0,032
	Apuntament	-0,572	0,065
Rectangularitat B	Mitjana	6,905	0,045
	Desviació típica	3,416	
	Asimetria	1,169	0,032
	Apuntament	0,574	0,065

Taula A-2.9 – Descriptius de les distribucions de téxels de –51 píxels: sense distingir matèries treballades.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	19,609	0,039
	Desviació típica	9,831	
	Asimetria	1,228	0,010
	Apuntament	0,698	0,020
Mitja de la lluminositat	Mitjana	104,308	0,032
	Desviació típica	7,972	
	Asimetria	-0,622	0,010
	Apuntament	0,708	0,020
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	12,114	0,025
	Desviació típica	6,167	
	Asimetria	0,697	0,010
	Apuntament	0,535	0,020
Moda de la lluminositat	Mitjana	103,421	0,068
	Desviació típica	17,142	
	Asimetria	-1,834	0,010
	Apuntament	4,215	0,020
Lluminositat mínima	Mitjana	78,036	0,087
	Desviació típica	21,972	
	Asimetria	-0,702	0,010
	Apuntament	0,323	0,020
Elongació	Mitjana	2,053	0,003
	Desviació típica	0,761	
	Asimetria	1,597	0,010
	Apuntament	4,548	0,020
Circularitat	Mitjana	0,397	0,001
	Desviació típica	0,205	
	Asimetria	1,045	0,010
	Apuntament	0,778	0,020
Quadratura	Mitjana	1,551	0,002
	Desviació típica	0,406	
	Asimetria	0,726	0,010
	Apuntament	0,513	0,020

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,146	0,000
	Desviació típica	0,122	
	Asimetria	2,431	0,010
	Apuntament	7,366	0,020
Compacitat A	Mitjana	41,113	0,089
	Desviació típica	22,360	
	Asimetria	1,499	0,010
	Apuntament	3,352	0,020
Irregularitat	Mitjana	0,565	0,001
	Desviació típica	0,311	
	Asimetria	1,568	0,010
	Apuntament	3,499	0,020
Rectangularitat A	Mitjana	0,652	0,000
	Desviació típica	0,031	
	Asimetria	2,748	0,010
	Apuntament	10,071	0,020
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	3,927	0,005
	Desviació típica	1,145	
	Asimetria	1,098	0,010
	Apuntament	1,449	0,020
Diàmetre Feret	Mitjana	4,860	0,005
	Desviació típica	1,158	
	Asimetria	0,884	0,010
	Apuntament	-0,177	0,020
Compacitat B	Mitjana	0,720	0,000
	Desviació típica	0,115	
	Asimetria	-0,073	0,010
	Apuntament	-0,540	0,020
Rectangularitat B	Mitjana	6,752	0,013
	Desviació típica	3,300	
	Asimetria	1,250	0,010
	Apuntament	0,897	0,020

Taules A-3 – Descriptius de les distribucions de téxels de +51 a -101 píxels:

Taula A-3-1 – Síntesis de descriptius per a les distribucions dels téxels de +51 a -101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Àrea del texel								
Mitjana	68,922	70,337	69,209	69,471	69,619	70,081	70,212	69,627
Desviació típica	14,165	13,688	13,956	14,220	13,853	13,945	14,019	14,004
Asimetria	0,560	0,378	0,529	0,516	0,489	0,459	0,419	0,488
Apuntament	-0,864	-0,932	-0,879	-0,933	-0,879	-0,934	-0,966	-0,915

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Mitja de la lluminositat								
Mitjana	100,860	99,204	103,304	103,786	103,593	104,382	105,359	103,091
Desviació típica	8,650	7,525	6,730	6,315	6,555	8,153	7,106	7,645
Asimetria	-0,038	-0,321	-0,269	-0,123	-0,634	-0,410	-0,234	-0,320
Apuntament	-0,756	0,052	-0,159	0,136	1,178	-0,106	-0,625	-0,097
Desviació típica de la lluminositat								
Mitjana	15,423	16,225	12,593	11,362	11,635	11,845	10,803	12,741
Desviació típica	6,614	5,436	4,968	4,191	4,580	5,875	4,898	5,675
Asimetria	-0,053	0,104	0,392	0,404	0,764	0,340	0,223	0,408
Apuntament	-0,698	-0,139	0,029	1,000	1,144	-0,360	-0,437	-0,097
Moda de la lluminositat								
Mitjana	108,328	105,816	108,836	106,888	106,911	109,610	109,248	108,182
Desviació típica	12,254	13,228	10,268	11,528	11,464	12,110	11,263	11,771
Asimetria	-1,571	-1,583	-1,333	-1,063	-1,250	-2,094	-1,529	-1,552
Apuntament	2,504	3,499	1,985	1,075	2,045	5,772	2,231	3,056
Lluminositat mínima								
Mitjana	55,345	52,388	67,925	74,409	73,096	71,674	75,708	67,647
Desviació típica	27,917	22,997	21,922	17,690	19,622	24,696	21,111	24,309
Asimetria	0,115	-0,058	-0,539	-0,606	-0,872	-0,416	-0,407	-0,460
Apuntament	-0,854	-0,473	0,071	1,165	0,954	-0,376	-0,156	-0,261

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Elongació								
Mitjana	1,973	2,069	2,044	2,108	2,149	2,024	2,049	2,053
Desviació típica	0,712	0,798	0,735	0,814	0,895	0,786	0,789	0,788
Asimetria	1,521	1,527	1,476	1,525	1,845	2,049	2,164	1,783
Apuntament	3,044	3,698	3,963	3,275	5,174	8,522	8,515	5,591
Circularitat								
Mitjana	0,186	0,184	0,180	0,207	0,246	0,234	0,245	0,212
Desviació típica	0,128	0,119	0,117	0,129	0,165	0,149	0,157	0,142
Asimetria	1,860	1,962	1,910	1,806	1,454	1,384	1,398	1,665
Apuntament	4,000	4,825	4,309	4,058	2,022	2,083	1,958	3,119
Quadratura								
Mitjana	2,349	2,324	2,350	2,188	2,075	2,104	2,051	2,205
Desviació típica	0,653	0,611	0,616	0,582	0,643	0,633	0,600	0,635
Asimetria	0,127	0,222	0,159	0,316	0,450	0,486	0,351	0,297
Apuntament	-0,631	-0,301	-0,440	-0,259	-0,433	-0,339	-0,585	-0,493
Ratio Circularitat/Estretor								
Mitjana	0,055	0,055	0,053	0,062	0,079	0,073	0,078	0,065
Desviació típica	0,049	0,046	0,044	0,052	0,073	0,064	0,069	0,059
Asimetria	2,855	3,386	2,868	3,010	2,680	3,710	3,274	3,346
Apuntament	10,831	18,884	11,739	12,872	9,633	30,492	19,043	20,714
Compacitat A								
Mitjana	95,124	92,365	94,445	82,009	75,474	77,229	73,048	84,259
Desviació típica	50,547	47,394	47,855	43,002	46,269	46,393	41,883	47,349
Asimetria	0,690	0,862	0,756	0,963	1,060	1,118	0,905	0,903
Apuntament	0,087	0,698	0,363	1,036	0,876	1,261	0,472	0,622
Irregularitat								
Mitjana	1,660	1,726	1,696	1,385	1,470	1,201	1,061	1,447
Desviació típica	0,691	0,688	0,695	0,549	0,626	0,552	0,418	0,653
Asimetria	0,657	0,712	0,639	0,651	0,891	1,013	0,646	0,859
Apuntament	0,519	0,610	0,269	0,343	0,880	0,975	0,531	0,792

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Rectangularitat A								
Mitjana	0,683	0,682	0,680	0,675	0,669	0,671	0,672	0,676
Desviació típica	0,046	0,044	0,045	0,044	0,043	0,039	0,039	0,043
Asimetria	1,529	1,443	2,050	2,480	2,506	1,877	1,751	1,963
Apuntament	3,015	2,561	6,983	12,081	9,277	5,349	4,175	6,286
Ratio Perimetre/Eix Major								
Mitjana	5,929	5,776	5,852	5,413	5,100	5,299	5,137	5,506
Desviació típica	1,818	1,771	1,743	1,682	1,714	1,736	1,686	1,768
Asimetria	0,503	0,647	0,575	0,819	0,775	0,785	0,788	0,675
Apuntament	-0,227	0,151	0,043	0,792	0,258	0,368	0,215	0,138
Diametre Feret								
Mitjana	9,320	9,419	9,341	9,357	9,369	9,400	9,408	9,369
Desviació típica	0,945	0,913	0,931	0,947	0,924	0,928	0,934	0,934
Asimetria	0,440	0,248	0,408	0,398	0,364	0,336	0,294	0,365
Apuntament	-1,007	-1,047	-1,017	-1,056	-1,010	-1,050	-1,075	-1,041
Compacitat B								
Mitjana	0,717	0,705	0,706	0,701	0,701	0,716	0,711	0,709
Desviació típica	0,111	0,118	0,113	0,117	0,121	0,115	0,114	0,115
Asimetria	-0,128	-0,138	-0,012	-0,082	-0,130	-0,162	-0,030	-0,109
Apuntament	-0,426	-0,704	-0,539	-0,576	-0,424	-0,442	-0,226	-0,467
Rectangularitat B								
Mitjana	21,789	22,299	22,127	22,499	23,007	22,988	23,018	22,524
Desviació típica	5,168	4,965	5,328	5,273	5,492	5,135	5,277	5,260
Asimetria	0,352	0,250	0,259	0,110	0,126	0,284	0,326	0,245
Apuntament	-0,033	0,075	0,152	0,786	-0,023	-0,291	-0,365	0,030

Taula A-3-2 – Descriptius de les distribucions de téxels de +51 a -101 píxels: descarni.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	68,922	0,394
	Desviació típica	14,165	
	Asimetria	0,560	0,068
	Apuntament	-0,864	0,136
Mitja de la lluminositat	Mitjana	100,860	0,241
	Desviació típica	8,650	
	Asimetria	-0,038	0,068
	Apuntament	-0,756	0,136
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	15,423	0,184
	Desviació típica	6,614	
	Asimetria	-0,053	0,068
	Apuntament	-0,698	0,136
Moda de la lluminositat	Mitjana	108,328	0,341
	Desviació típica	12,254	
	Asimetria	-1,571	0,068
	Apuntament	2,504	0,136
Lluminositat mínima	Mitjana	55,345	0,777
	Desviació típica	27,917	
	Asimetria	0,115	0,068
	Apuntament	-0,854	0,136
Elongació	Mitjana	1,973	0,020
	Desviació típica	0,712	
	Asimetria	1,521	0,068
	Apuntament	3,044	0,136
Circularitat	Mitjana	0,186	0,004
	Desviació típica	0,128	
	Asimetria	1,860	0,068
	Apuntament	4,000	0,136
Quadratura	Mitjana	2,349	0,018
	Desviació típica	0,653	
	Asimetria	0,127	0,068
	Apuntament	-0,631	0,136

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,055	0,001
	Desviació típica	0,049	
	Asimetria	2,855	0,068
	Apuntament	10,831	0,136
Compacitat A	Mitjana	95,124	1,406
	Desviació típica	50,547	
	Asimetria	0,690	0,068
	Apuntament	0,087	0,136
Irregularitat	Mitjana	1,660	0,019
	Desviació típica	0,691	
	Asimetria	0,657	0,068
	Apuntament	0,519	0,136
Rectangularitat A	Mitjana	0,683	0,001
	Desviació típica	0,046	
	Asimetria	1,529	0,068
	Apuntament	3,015	0,136
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	5,929	0,051
	Desviació típica	1,818	
	Asimetria	0,503	0,068
	Apuntament	-0,227	0,136
Diàmetre Feret	Mitjana	9,320	0,026
	Desviació típica	0,945	
	Asimetria	0,440	0,068
	Apuntament	-1,007	0,136
Compacitat B	Mitjana	0,717	0,003
	Desviació típica	0,111	
	Asimetria	-0,128	0,068
	Apuntament	-0,426	0,136
Rectangularitat B	Mitjana	21,789	0,144
	Desviació típica	5,168	
	Asimetria	0,352	0,068
	Apuntament	-0,033	0,136

Taula A-3-3 – Descriptius de les distribucions de téxels de +51 a -101 píxels: pell fresca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	70,337	0,573
	Desviació típica	13,688	
	Asimetria	0,378	0,102
	Apuntament	-0,932	0,204
Mitja de la lluminositat	Mitjana	99,204	0,315
	Desviació típica	7,525	
	Asimetria	-0,321	0,102
	Apuntament	0,052	0,204
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	16,225	0,228
	Desviació típica	5,436	
	Asimetria	0,104	0,102
	Apuntament	-0,139	0,204
Moda de la lluminositat	Mitjana	105,816	0,554
	Desviació típica	13,228	
	Asimetria	-1,583	0,102
	Apuntament	3,499	0,204
Lluminositat mínima	Mitjana	52,388	0,963
	Desviació típica	22,997	
	Asimetria	-0,058	0,102
	Apuntament	-0,473	0,204
Elongació	Mitjana	2,069	0,033
	Desviació típica	0,798	
	Asimetria	1,527	0,102
	Apuntament	3,698	0,204
Circularitat	Mitjana	0,184	0,005
	Desviació típica	0,119	
	Asimetria	1,962	0,102
	Apuntament	4,825	0,204
Quadratura	Mitjana	2,324	0,026
	Desviació típica	0,611	
	Asimetria	0,222	0,102
	Apuntament	-0,301	0,204

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,055	0,002
	Desviació típica	0,046	
	Asimetria	3,386	0,102
	Apuntament	18,884	0,204
Compacitat A	Mitjana	92,365	1,985
	Desviació típica	47,394	
	Asimetria	0,862	0,102
	Apuntament	0,698	0,204
Irregularitat	Mitjana	1,726	0,029
	Desviació típica	0,688	
	Asimetria	0,712	0,102
	Apuntament	0,610	0,204
Rectangularitat A	Mitjana	0,682	0,002
	Desviació típica	0,044	
	Asimetria	1,443	0,102
	Apuntament	2,561	0,204
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	5,776	0,074
	Desviació típica	1,771	
	Asimetria	0,647	0,102
	Apuntament	0,151	0,204
Diàmetre Feret	Mitjana	9,419	0,038
	Desviació típica	0,913	
	Asimetria	0,248	0,102
	Apuntament	-1,047	0,204
Compacitat B	Mitjana	0,705	0,005
	Desviació típica	0,118	
	Asimetria	-0,138	0,102
	Apuntament	-0,704	0,204
Rectangularitat B	Mitjana	22,299	0,208
	Desviació típica	4,965	
	Asimetria	0,250	0,102
	Apuntament	0,075	0,204

Taula A.3.4 – Descriptius de les distribucions de téxels de +51 a -101 píxels: pell seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	69,209	0,421
	Desviació típica	13,956	
	Asimetria	0,529	0,074
	Apuntament	-0,879	0,147
Mitja de la lluminositat	Mitjana	103,304	0,203
	Desviació típica	6,730	
	Asimetria	-0,269	0,074
	Apuntament	-0,159	0,147
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	12,593	0,150
	Desviació típica	4,968	
	Asimetria	0,392	0,074
	Apuntament	0,029	0,147
Moda de la lluminositat	Mitjana	108,836	0,309
	Desviació típica	10,268	
	Asimetria	-1,333	0,074
	Apuntament	1,985	0,147
Lluminositat mínima	Mitjana	67,925	0,661
	Desviació típica	21,922	
	Asimetria	-0,539	0,074
	Apuntament	0,071	0,147
Elongació	Mitjana	2,044	0,022
	Desviació típica	0,735	
	Asimetria	1,476	0,074
	Apuntament	3,963	0,147
Circularitat	Mitjana	0,180	0,004
	Desviació típica	0,117	
	Asimetria	1,910	0,074
	Apuntament	4,309	0,147
Quadratura	Mitjana	2,350	0,019
	Desviació típica	0,616	
	Asimetria	0,159	0,074
	Apuntament	-0,440	0,147

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,053	0,001
	Desviació típica	0,044	
	Asimetria	2,868	0,074
	Apuntament	11,739	0,147
Compacitat A	Mitjana	94,445	1,442
	Desviació típica	47,855	
	Asimetria	0,756	0,074
	Apuntament	0,363	0,147
Irregularitat	Mitjana	1,696	0,021
	Desviació típica	0,695	
	Asimetria	0,639	0,074
	Apuntament	0,269	0,147
Rectangularitat A	Mitjana	0,680	0,001
	Desviació típica	0,045	
	Asimetria	2,050	0,074
	Apuntament	6,983	0,147
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	5,852	0,053
	Desviació típica	1,743	
	Asimetria	0,575	0,074
	Apuntament	0,043	0,147
Diàmetre Feret	Mitjana	9,341	0,028
	Desviació típica	0,931	
	Asimetria	0,408	0,074
	Apuntament	-1,017	0,147
Compacitat B	Mitjana	0,706	0,003
	Desviació típica	0,113	
	Asimetria	-0,012	0,074
	Apuntament	-0,539	0,147
Rectangularitat B	Mitjana	22,127	0,161
	Desviació típica	5,328	
	Asimetria	0,259	0,074
	Apuntament	0,152	0,147

Taula A-3-5 – Descriptius de les distribucions de téxels de +51 a -101 píxels: fusta fresca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	69,471	0,447
	Desviació típica	14,220	
	Asimetria	0,516	0,077
	Apuntament	-0,933	0,154
Mitja de la lluminositat	Mitjana	103,786	0,199
	Desviació típica	6,315	
	Asimetria	-0,123	0,077
	Apuntament	0,136	0,154
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,362	0,132
	Desviació típica	4,191	
	Asimetria	0,404	0,077
	Apuntament	1,000	0,154
Moda de la lluminositat	Mitjana	106,888	0,363
	Desviació típica	11,528	
	Asimetria	-1,063	0,077
	Apuntament	1,075	0,154
Lluminositat mínima	Mitjana	74,409	0,557
	Desviació típica	17,690	
	Asimetria	-0,606	0,077
	Apuntament	1,165	0,154
Elongació	Mitjana	2,108	0,026
	Desviació típica	0,814	
	Asimetria	1,525	0,077
	Apuntament	3,275	0,154
Circularitat	Mitjana	0,207	0,004
	Desviació típica	0,129	
	Asimetria	1,806	0,077
	Apuntament	4,058	0,154
Quadratura	Mitjana	2,188	0,018
	Desviació típica	0,582	
	Asimetria	0,316	0,077
	Apuntament	-0,259	0,154

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,062	0,002
	Desviació típica	0,052	
	Asimetria	3,010	0,077
	Apuntament	12,872	0,154
Compacitat A	Mitjana	82,009	1,353
	Desviació típica	43,002	
	Asimetria	0,963	0,077
	Apuntament	1,036	0,154
Irregularitat	Mitjana	1,385	0,017
	Desviació típica	0,549	
	Asimetria	0,651	0,077
	Apuntament	0,343	0,154
Rectangularitat A	Mitjana	0,675	0,001
	Desviació típica	0,044	
	Asimetria	2,480	0,077
	Apuntament	12,081	0,154
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	5,413	0,053
	Desviació típica	1,682	
	Asimetria	0,819	0,077
	Apuntament	0,792	0,154
Diàmetre Feret	Mitjana	9,357	0,030
	Desviació típica	0,947	
	Asimetria	0,398	0,077
	Apuntament	-1,056	0,154
Compacitat B	Mitjana	0,701	0,004
	Desviació típica	0,117	
	Asimetria	-0,082	0,077
	Apuntament	-0,576	0,154
Rectangularitat B	Mitjana	22,499	0,166
	Desviació típica	5,273	
	Asimetria	0,110	0,077
	Apuntament	0,786	0,154

Taula A-3-6 – Descriptius de les distribucions de téxels de +51 a -101 píxels: fusta seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	69,619	0,447
	Desviació típica	13,853	
	Asimetria	0,489	0,079
	Apuntament	-0,879	0,158
Mitja de la lluminositat	Mitjana	103,593	0,211
	Desviació típica	6,555	
	Asimetria	-0,634	0,079
	Apuntament	1,178	0,158
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,635	0,148
	Desviació típica	4,580	
	Asimetria	0,764	0,079
	Apuntament	1,144	0,158
Moda de la lluminositat	Mitjana	106,911	0,370
	Desviació típica	11,464	
	Asimetria	-1,250	0,079
	Apuntament	2,045	0,158
Lluminositat mínima	Mitjana	73,096	0,633
	Desviació típica	19,622	
	Asimetria	-0,872	0,079
	Apuntament	0,954	0,158
Elongació	Mitjana	2,149	0,029
	Desviació típica	0,895	
	Asimetria	1,845	0,079
	Apuntament	5,174	0,158
Circularitat	Mitjana	0,246	0,005
	Desviació típica	0,165	
	Asimetria	1,454	0,079
	Apuntament	2,022	0,158
Quadratura	Mitjana	2,075	0,021
	Desviació típica	0,643	
	Asimetria	0,450	0,079
	Apuntament	-0,433	0,158

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,079	0,002
	Desviació típica	0,073	
	Asimetria	2,680	0,079
	Apuntament	9,633	0,158
Compacitat A	Mitjana	75,474	1,493
	Desviació típica	46,269	
	Asimetria	1,060	0,079
	Apuntament	0,876	0,158
Irregularitat	Mitjana	1,470	0,020
	Desviació típica	0,626	
	Asimetria	0,891	0,079
	Apuntament	0,880	0,158
Rectangularitat A	Mitjana	0,669	0,001
	Desviació típica	0,043	
	Asimetria	2,506	0,079
	Apuntament	9,277	0,158
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	5,100	0,055
	Desviació típica	1,714	
	Asimetria	0,775	0,079
	Apuntament	0,258	0,158
Diàmetre Feret	Mitjana	9,369	0,030
	Desviació típica	0,924	
	Asimetria	0,364	0,079
	Apuntament	-1,010	0,158
Compacitat B	Mitjana	0,701	0,004
	Desviació típica	0,121	
	Asimetria	-0,130	0,079
	Apuntament	-0,424	0,158
Rectangularitat B	Mitjana	23,007	0,177
	Desviació típica	5,492	
	Asimetria	0,126	0,079
	Apuntament	-0,023	0,158

Taula A-3-7 – Descriptius de les distribucions de téxels de +51 a -101 píxels: os.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	70,081	0,359
	Desviació típica	13,945	
	Asimetria	0,459	0,063
	Apuntament	-0,934	0,126
Mitja de la lluminositat	Mitjana	104,382	0,210
	Desviació típica	8,153	
	Asimetria	-0,410	0,063
	Apuntament	-0,106	0,126
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,845	0,151
	Desviació típica	5,875	
	Asimetria	0,340	0,063
	Apuntament	-0,360	0,126
Moda de la lluminositat	Mitjana	109,610	0,312
	Desviació típica	12,110	
	Asimetria	-2,094	0,063
	Apuntament	5,772	0,126
Lluminositat mínima	Mitjana	71,674	0,636
	Desviació típica	24,696	
	Asimetria	-0,416	0,063
	Apuntament	-0,376	0,126
Elongació	Mitjana	2,024	0,020
	Desviació típica	0,786	
	Asimetria	2,049	0,063
	Apuntament	8,522	0,126
Circularitat	Mitjana	0,234	0,004
	Desviació típica	0,149	
	Asimetria	1,384	0,063
	Apuntament	2,083	0,126
Quadratura	Mitjana	2,104	0,016
	Desviació típica	0,633	
	Asimetria	0,486	0,063
	Apuntament	-0,339	0,126

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,073	0,002
	Desviació típica	0,064	
	Asimetria	3,710	0,063
	Apuntament	30,492	0,126
Compacitat A	Mitjana	77,229	1,195
	Desviació típica	46,393	
	Asimetria	1,118	0,063
	Apuntament	1,261	0,126
Irregularitat	Mitjana	1,201	0,014
	Desviació típica	0,552	
	Asimetria	1,013	0,063
	Apuntament	0,975	0,126
Rectangularitat A	Mitjana	0,671	0,001
	Desviació típica	0,039	
	Asimetria	1,877	0,063
	Apuntament	5,349	0,126
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	5,299	0,045
	Desviació típica	1,736	
	Asimetria	0,785	0,063
	Apuntament	0,368	0,126
Diàmetre Feret	Mitjana	9,400	0,024
	Desviació típica	0,928	
	Asimetria	0,336	0,063
	Apuntament	-1,050	0,126
Compacitat B	Mitjana	0,716	0,003
	Desviació típica	0,115	
	Asimetria	-0,162	0,063
	Apuntament	-0,442	0,126
Rectangularitat B	Mitjana	22,988	0,132
	Desviació típica	5,135	
	Asimetria	0,284	0,063
	Apuntament	-0,291	0,126

Taula A-3-8 – Descriptius de les distribucions de téxels de +51 a -101 píxels: petxina.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	70,212	0,508
	Desviació típica	14,019	
	Asimetria	0,419	0,089
	Apuntament	-0,966	0,177
Mitja de la lluminositat	Mitjana	105,359	0,257
	Desviació típica	7,106	
	Asimetria	-0,234	0,089
	Apuntament	-0,625	0,177
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	10,803	0,177
	Desviació típica	4,898	
	Asimetria	0,223	0,089
	Apuntament	-0,437	0,177
Moda de la lluminositat	Mitjana	109,248	0,408
	Desviació típica	11,263	
	Asimetria	-1,529	0,089
	Apuntament	2,231	0,177
Lluminositat mínima	Mitjana	75,708	0,764
	Desviació típica	21,111	
	Asimetria	-0,407	0,089
	Apuntament	-0,156	0,177
Elongació	Mitjana	2,049	0,029
	Desviació típica	0,789	
	Asimetria	2,164	0,089
	Apuntament	8,515	0,177
Circularitat	Mitjana	0,245	0,006
	Desviació típica	0,157	
	Asimetria	1,398	0,089
	Apuntament	1,958	0,177
Quadratura	Mitjana	2,051	0,022
	Desviació típica	0,600	
	Asimetria	0,351	0,089
	Apuntament	-0,585	0,177

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,078	0,003
	Desviació típica	0,069	
	Asimetria	3,274	0,089
	Apuntament	19,043	0,177
Compacitat A	Mitjana	73,048	1,516
	Desviació típica	41,883	
	Asimetria	0,905	0,089
	Apuntament	0,472	0,177
Irregularitat	Mitjana	1,061	0,015
	Desviació típica	0,418	
	Asimetria	0,646	0,089
	Apuntament	0,531	0,177
Rectangularitat A	Mitjana	0,672	0,001
	Desviació típica	0,039	
	Asimetria	1,751	0,089
	Apuntament	4,175	0,177
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	5,137	0,061
	Desviació típica	1,686	
	Asimetria	0,788	0,089
	Apuntament	0,215	0,177
Diàmetre Feret	Mitjana	9,408	0,034
	Desviació típica	0,934	
	Asimetria	0,294	0,089
	Apuntament	-1,075	0,177
Compacitat B	Mitjana	0,711	0,004
	Desviació típica	0,114	
	Asimetria	-0,030	0,089
	Apuntament	-0,226	0,177
Rectangularitat B	Mitjana	23,018	0,191
	Desviació típica	5,277	
	Asimetria	0,326	0,089
	Apuntament	-0,365	0,177

Taula A.3-9 – Descriptius de les distribucions de téxels de +51 a -101 píxels: sense distingir matèries treballades.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	69,627	0,165
	Desviació típica	14,004	
	Asimetria	0,488	0,029
	Apuntament	-0,915	0,058
Mitja de la lluminositat	Mitjana	103,091	0,090
	Desviació típica	7,645	
	Asimetria	-0,320	0,029
	Apuntament	-0,097	0,058
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	12,741	0,067
	Desviació típica	5,675	
	Asimetria	0,408	0,029
	Apuntament	-0,097	0,058
Moda de la lluminositat	Mitjana	108,182	0,139
	Desviació típica	11,771	
	Asimetria	-1,552	0,029
	Apuntament	3,056	0,058
Lluminositat mínima	Mitjana	67,647	0,286
	Desviació típica	24,309	
	Asimetria	-0,460	0,029
	Apuntament	-0,261	0,058
Elongació	Mitjana	2,053	0,009
	Desviació típica	0,788	
	Asimetria	1,783	0,029
	Apuntament	5,591	0,058
Circularitat	Mitjana	0,212	0,002
	Desviació típica	0,142	
	Asimetria	1,665	0,029
	Apuntament	3,119	0,058
Quadratura	Mitjana	2,205	0,007
	Desviació típica	0,635	
	Asimetria	0,297	0,029
	Apuntament	-0,493	0,058

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,065	0,001
	Desviació típica	0,059	
	Asimetria	3,346	0,029
	Apuntament	20,714	0,058
Compacitat A	Mitjana	84,259	0,558
	Desviació típica	47,349	
	Asimetria	0,903	0,029
	Apuntament	0,622	0,058
Irregularitat	Mitjana	1,447	0,008
	Desviació típica	0,653	
	Asimetria	0,859	0,029
	Apuntament	0,792	0,058
Rectangularitat A	Mitjana	0,676	0,001
	Desviació típica	0,043	
	Asimetria	1,963	0,029
	Apuntament	6,286	0,058
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	5,506	0,021
	Desviació típica	1,768	
	Asimetria	0,675	0,029
	Apuntament	0,138	0,058
Diàmetre Feret	Mitjana	9,369	0,011
	Desviació típica	0,934	
	Asimetria	0,365	0,029
	Apuntament	-1,041	0,058
Compacitat B	Mitjana	0,709	0,001
	Desviació típica	0,115	
	Asimetria	-0,109	0,029
	Apuntament	-0,467	0,058
Rectangularitat B	Mitjana	22,524	0,062
	Desviació típica	5,260	
	Asimetria	0,245	0,029
	Apuntament	0,030	0,058

Taules A-4 – Descriptius de les distribucions de téxels de +100 a -1001 píxels:

Taula A-4.1 – Síntesis de descriptius per a les distribucions dels téxels de +100 a -1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Àrea del texel								
Mitjana	228,385	226,682	233,516	245,857	250,032	268,094	259,711	247,728
Desviació típica	157,089	146,862	163,838	177,666	185,898	198,024	188,185	179,118
Asimetria	2,084	2,149	2,202	2,028	1,890	1,712	1,877	1,959
Apuntament	4,561	5,537	5,260	3,997	3,238	2,370	3,302	3,680

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Mitja de la lluminositat								
Mitjana	100,588	99,465	102,459	103,717	102,633	102,852	104,573	102,526
Desviació típica	8,800	7,560	6,244	6,537	6,487	9,045	7,507	7,850
Asimetria	-0,009	-0,173	-0,044	0,069	-0,461	-0,444	-0,279	-0,283
Apuntament	-0,795	0,087	-0,303	-0,384	0,844	0,010	-0,488	-0,027
Desviació típica de la lluminositat								
Mitjana	15,666	15,931	13,102	11,238	12,071	12,585	11,119	12,917
Desviació típica	6,717	5,494	4,496	4,136	4,348	5,963	4,951	5,584
Asimetria	-0,141	0,076	0,166	0,093	0,727	0,158	0,200	0,315
Apuntament	-0,842	0,043	-0,102	0,101	1,567	-0,548	-0,524	-0,165
Moda de la lluminositat								
Mitjana	111,807	111,010	110,928	108,684	108,422	110,828	111,296	110,420
Desviació típica	9,821	9,629	8,870	10,790	10,811	11,450	9,968	10,476
Asimetria	-2,293	-2,407	-1,480	-1,123	-1,451	-2,293	-1,817	-1,864
Apuntament	7,106	10,133	2,628	0,767	2,399	6,299	3,838	4,493
Lluminositat mínima								
Mitjana	46,998	46,131	59,012	69,815	65,718	63,402	68,633	60,980
Desviació típica	30,526	25,022	23,240	19,995	21,458	27,268	24,911	26,549
Asimetria	0,355	0,206	-0,346	-0,431	-0,724	-0,150	-0,413	-0,278
Apuntament	-0,993	-0,391	-0,279	0,410	0,425	-0,748	-0,407	-0,603

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Elongació								
Mitjana	2,034	2,123	2,014	2,139	2,225	2,102	2,068	2,099
Desviació típica	0,748	0,867	0,707	0,843	1,042	0,974	0,851	0,879
Asimetria	1,437	2,234	1,249	2,060	3,460	3,279	3,323	2,868
Apuntament	2,904	10,525	1,967	7,289	25,619	19,913	25,474	18,902
Circularitat								
Mitjana	0,117	0,119	0,103	0,132	0,153	0,154	0,161	0,137
Desviació típica	0,103	0,098	0,089	0,102	0,123	0,125	0,126	0,114
Asimetria	2,347	2,440	2,388	1,950	2,164	1,788	1,783	2,065
Apuntament	6,822	6,973	7,190	4,806	6,858	3,735	3,813	5,453
Quadratura								
Mitjana	3,197	3,057	3,340	2,919	2,780	2,802	2,684	2,953
Desviació típica	1,138	0,980	1,131	1,016	1,048	1,091	0,982	1,089
Asimetria	0,639	0,649	0,597	0,840	1,022	0,942	0,816	0,799
Apuntament	0,540	1,053	0,553	1,083	1,577	1,025	0,632	0,817
Ratio Circularitat/Estretor								
Mitjana	0,033	0,033	0,029	0,038	0,045	0,045	0,048	0,039
Desviació típica	0,035	0,034	0,029	0,035	0,049	0,045	0,046	0,041
Asimetria	3,240	3,077	3,133	2,691	4,360	2,755	2,980	3,373
Apuntament	14,085	11,630	13,690	10,042	30,119	10,778	14,480	18,775
Compacitat A								
Mitjana	184,200	164,831	198,959	152,861	141,210	144,639	130,673	158,492
Desviació típica	133,079	108,633	136,459	111,702	114,622	118,970	99,234	121,393
Asimetria	1,780	1,925	1,697	2,081	2,379	2,133	1,844	1,985
Apuntament	5,307	6,790	4,593	7,416	8,564	6,955	4,835	6,287
Irregularitat								
Mitjana	3,696	3,580	3,943	3,215	3,454	2,911	2,587	3,294
Desviació típica	2,370	2,177	2,351	2,150	2,257	2,124	1,750	2,222
Asimetria	1,930	2,129	1,871	1,893	2,113	2,190	2,009	1,999
Apuntament	5,887	7,020	5,189	4,608	6,759	6,306	5,157	5,825

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Rectangularitat A								
Mitjana	0,710	0,703	0,709	0,695	0,688	0,693	0,692	0,698
Desviació típica	0,058	0,053	0,055	0,050	0,053	0,050	0,051	0,053
Asimetria	1,097	1,381	1,057	1,427	1,703	1,165	1,710	1,312
Apuntament	1,249	2,419	1,051	2,659	3,883	0,981	4,512	2,039
Ratio Perimetre/Eix Major								
Mitjana	7,783	7,364	8,188	7,032	6,656	6,849	6,577	7,176
Desviació típica	2,943	2,507	3,007	2,589	2,633	2,780	2,500	2,794
Asimetria	1,022	0,653	0,961	1,010	1,093	1,071	1,046	1,025
Apuntament	1,712	0,258	1,925	1,828	2,127	1,428	1,647	1,711
Diametre Feret								
Mitjana	16,315	16,326	16,481	16,849	16,923	17,502	17,284	16,900
Desviació típica	4,962	4,706	5,073	5,402	5,656	5,920	5,654	5,462
Asimetria	1,451	1,399	1,503	1,420	1,329	1,201	1,292	1,363
Apuntament	1,698	1,890	2,022	1,513	1,081	0,615	1,056	1,289
Compacitat B								
Mitjana	0,694	0,686	0,696	0,685	0,683	0,698	0,698	0,692
Desviació típica	0,113	0,115	0,109	0,111	0,120	0,120	0,112	0,115
Asimetria	-0,060	-0,120	-0,035	-0,052	-0,119	-0,205	-0,099	-0,113
Apuntament	-0,542	-0,449	-0,590	-0,289	-0,312	-0,252	-0,270	-0,349
Rectangularitat B								
Mitjana	64,234	65,625	65,847	72,424	76,458	80,760	77,648	72,961
Desviació típica	43,014	40,746	43,331	48,846	56,353	59,588	53,422	51,616
Asimetria	2,240	2,031	2,250	2,024	2,026	1,819	1,793	2,054
Apuntament	6,298	5,425	6,953	4,518	4,320	3,067	3,246	4,660

Taula A.4.2 – Descriptius de les distribucions de téxels de +100 a -1001 píxels: descarni.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	228,385	5,052
	Desviació típica	157,089	
	Asimetria	2,084	0,079
	Apuntament	4,561	0,157
Mitja de la lluminositat	Mitjana	100,588	0,283
	Desviació típica	8,800	
	Asimetria	-0,009	0,079
	Apuntament	-0,795	0,157
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	15,666	0,216
	Desviació típica	6,717	
	Asimetria	-0,141	0,079
	Apuntament	-0,842	0,157
Moda de la lluminositat	Mitjana	111,807	0,316
	Desviació típica	9,821	
	Asimetria	-2,293	0,079
	Apuntament	7,106	0,157
Lluminositat mínima	Mitjana	46,998	0,982
	Desviació típica	30,526	
	Asimetria	0,355	0,079
	Apuntament	-0,993	0,157
Elongació	Mitjana	2,034	0,024
	Desviació típica	0,748	
	Asimetria	1,437	0,079
	Apuntament	2,904	0,157
Circularitat	Mitjana	0,117	0,003
	Desviació típica	0,103	
	Asimetria	2,347	0,079
	Apuntament	6,822	0,157
Quadratura	Mitjana	3,197	0,037
	Desviació típica	1,138	
	Asimetria	0,639	0,079
	Apuntament	0,540	0,157

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,033	0,001
	Desviació típica	0,035	
	Asimetria	3,240	0,079
	Apuntament	14,085	0,157
Compacitat A	Mitjana	184,200	4,280
	Desviació típica	133,079	
	Asimetria	1,780	0,079
	Apuntament	5,307	0,157
Irregularitat	Mitjana	3,696	0,076
	Desviació típica	2,370	
	Asimetria	1,930	0,079
	Apuntament	5,887	0,157
Rectangularitat A	Mitjana	0,710	0,002
	Desviació típica	0,058	
	Asimetria	1,097	0,079
	Apuntament	1,249	0,157
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	7,783	0,095
	Desviació típica	2,943	
	Asimetria	1,022	0,079
	Apuntament	1,712	0,157
Diàmetre Feret	Mitjana	16,315	0,160
	Desviació típica	4,962	
	Asimetria	1,451	0,079
	Apuntament	1,698	0,157
Compacitat B	Mitjana	0,694	0,004
	Desviació típica	0,113	
	Asimetria	-0,060	0,079
	Apuntament	-0,542	0,157
Rectangularitat B	Mitjana	64,234	1,383
	Desviació típica	43,014	
	Asimetria	2,240	0,079
	Apuntament	6,298	0,157

Taula A.4.3 – Descriptius de les distribucions de téxels de +100 a -1001 píxels: pell fresca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	226,682	7,524
	Desviació típica	146,862	
	Asimetria	2,149	0,125
	Apuntament	5,537	0,249
Mitja de la lluminositat	Mitjana	99,465	0,387
	Desviació típica	7,560	
	Asimetria	-0,173	0,125
	Apuntament	0,087	0,249
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	15,931	0,281
	Desviació típica	5,494	
	Asimetria	0,076	0,125
	Apuntament	0,043	0,249
Moda de la lluminositat	Mitjana	111,010	0,493
	Desviació típica	9,629	
	Asimetria	-2,407	0,125
	Apuntament	10,133	0,249
Lluminositat mínima	Mitjana	46,131	1,282
	Desviació típica	25,022	
	Asimetria	0,206	0,125
	Apuntament	-0,391	0,249
Elongació	Mitjana	2,123	0,044
	Desviació típica	0,867	
	Asimetria	2,234	0,125
	Apuntament	10,525	0,249
Circularitat	Mitjana	0,119	0,005
	Desviació típica	0,098	
	Asimetria	2,440	0,125
	Apuntament	6,973	0,249
Quadratura	Mitjana	3,057	0,050
	Desviació típica	0,980	
	Asimetria	0,649	0,125
	Apuntament	1,053	0,249

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,033	0,002
	Desviació típica	0,034	
	Asimetria	3,077	0,125
	Apuntament	11,630	0,249
Compacitat A	Mitjana	164,831	5,565
	Desviació típica	108,633	
	Asimetria	1,925	0,125
	Apuntament	6,790	0,249
Irregularitat	Mitjana	3,580	0,112
	Desviació típica	2,177	
	Asimetria	2,129	0,125
	Apuntament	7,020	0,249
Rectangularitat A	Mitjana	0,703	0,003
	Desviació típica	0,053	
	Asimetria	1,381	0,125
	Apuntament	2,419	0,249
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	7,364	0,128
	Desviació típica	2,507	
	Asimetria	0,653	0,125
	Apuntament	0,258	0,249
Diàmetre Feret	Mitjana	16,326	0,241
	Desviació típica	4,706	
	Asimetria	1,399	0,125
	Apuntament	1,890	0,249
Compacitat B	Mitjana	0,686	0,006
	Desviació típica	0,115	
	Asimetria	-0,120	0,125
	Apuntament	-0,449	0,249
Rectangularitat B	Mitjana	65,625	2,087
	Desviació típica	40,746	
	Asimetria	2,031	0,125
	Apuntament	5,425	0,249

Taula A.4.4 – Descriptius de les distribucions de téxels de +100 a -1001 píxels: pell seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	233,516	5,939
	Desviació típica	163,838	
	Asimetria	2,202	0,089
	Apuntament	5,260	0,177
Mitja de la lluminositat	Mitjana	102,459	0,226
	Desviació típica	6,244	
	Asimetria	-0,044	0,089
	Apuntament	-0,303	0,177
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	13,102	0,163
	Desviació típica	4,496	
	Asimetria	0,166	0,089
	Apuntament	-0,102	0,177
Moda de la lluminositat	Mitjana	110,928	0,322
	Desviació típica	8,870	
	Asimetria	-1,480	0,089
	Apuntament	2,628	0,177
Lluminositat mínima	Mitjana	59,012	0,842
	Desviació típica	23,240	
	Asimetria	-0,346	0,089
	Apuntament	-0,279	0,177
Elongació	Mitjana	2,014	0,026
	Desviació típica	0,707	
	Asimetria	1,249	0,089
	Apuntament	1,967	0,177
Circularitat	Mitjana	0,103	0,003
	Desviació típica	0,089	
	Asimetria	2,388	0,089
	Apuntament	7,190	0,177
Quadratura	Mitjana	3,340	0,041
	Desviació típica	1,131	
	Asimetria	0,597	0,089
	Apuntament	0,553	0,177

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,029	0,001
	Desviació típica	0,029	
	Asimetria	3,133	0,089
	Apuntament	13,690	0,177
Compacitat A	Mitjana	198,959	4,947
	Desviació típica	136,459	
	Asimetria	1,697	0,089
	Apuntament	4,593	0,177
Irregularitat	Mitjana	3,943	0,085
	Desviació típica	2,351	
	Asimetria	1,871	0,089
	Apuntament	5,189	0,177
Rectangularitat A	Mitjana	0,709	0,002
	Desviació típica	0,055	
	Asimetria	1,057	0,089
	Apuntament	1,051	0,177
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	8,188	0,109
	Desviació típica	3,007	
	Asimetria	0,961	0,089
	Apuntament	1,925	0,177
Diàmetre Feret	Mitjana	16,481	0,184
	Desviació típica	5,073	
	Asimetria	1,503	0,089
	Apuntament	2,022	0,177
Compacitat B	Mitjana	0,696	0,004
	Desviació típica	0,109	
	Asimetria	-0,035	0,089
	Apuntament	-0,590	0,177
Rectangularitat B	Mitjana	65,847	1,571
	Desviació típica	43,331	
	Asimetria	2,250	0,089
	Apuntament	6,953	0,177

Taula A.4.5 – Descriptius de les distribucions de téxels de +100 a -1001 píxels: fusta fresca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	245,857	5,864
	Desviació típica	177,666	
	Asimetria	2,028	0,081
	Apuntament	3,997	0,161
Mitja de la lluminositat	Mitjana	103,717	0,216
	Desviació típica	6,537	
	Asimetria	0,069	0,081
	Apuntament	-0,384	0,161
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,238	0,137
	Desviació típica	4,136	
	Asimetria	0,093	0,081
	Apuntament	0,101	0,161
Moda de la lluminositat	Mitjana	108,684	0,356
	Desviació típica	10,790	
	Asimetria	-1,123	0,081
	Apuntament	0,767	0,161
Lluminositat mínima	Mitjana	69,815	0,660
	Desviació típica	19,995	
	Asimetria	-0,431	0,081
	Apuntament	0,410	0,161
Elongació	Mitjana	2,139	0,028
	Desviació típica	0,843	
	Asimetria	2,060	0,081
	Apuntament	7,289	0,161
Circularitat	Mitjana	0,132	0,003
	Desviació típica	0,102	
	Asimetria	1,950	0,081
	Apuntament	4,806	0,161
Quadratura	Mitjana	2,919	0,034
	Desviació típica	1,016	
	Asimetria	0,840	0,081
	Apuntament	1,083	0,161

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,038	0,001
	Desviació típica	0,035	
	Asimetria	2,691	0,081
	Apuntament	10,042	0,161
Compacitat A	Mitjana	152,861	3,687
	Desviació típica	111,702	
	Asimetria	2,081	0,081
	Apuntament	7,416	0,161
Irregularitat	Mitjana	3,215	0,071
	Desviació típica	2,150	
	Asimetria	1,893	0,081
	Apuntament	4,608	0,161
Rectangularitat A	Mitjana	0,695	0,002
	Desviació típica	0,050	
	Asimetria	1,427	0,081
	Apuntament	2,659	0,161
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	7,032	0,085
	Desviació típica	2,589	
	Asimetria	1,010	0,081
	Apuntament	1,828	0,161
Diàmetre Feret	Mitjana	16,849	0,178
	Desviació típica	5,402	
	Asimetria	1,420	0,081
	Apuntament	1,513	0,161
Compacitat B	Mitjana	0,685	0,004
	Desviació típica	0,111	
	Asimetria	-0,052	0,081
	Apuntament	-0,289	0,161
Rectangularitat B	Mitjana	72,424	1,612
	Desviació típica	48,846	
	Asimetria	2,024	0,081
	Apuntament	4,518	0,161

Taula A.4.6 – Descriptius de les distribucions de téxels de +100 a -1001 píxels: fusta seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	250,032	6,656
	Desviació típica	185,898	
	Asimetria	1,890	0,088
	Apuntament	3,238	0,175
Mitja de la lluminositat	Mitjana	102,633	0,232
	Desviació típica	6,487	
	Asimetria	-0,461	0,088
	Apuntament	0,844	0,175
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	12,071	0,156
	Desviació típica	4,348	
	Asimetria	0,727	0,088
	Apuntament	1,567	0,175
Moda de la lluminositat	Mitjana	108,422	0,387
	Desviació típica	10,811	
	Asimetria	-1,451	0,088
	Apuntament	2,399	0,175
Lluminositat mínima	Mitjana	65,718	0,768
	Desviació típica	21,458	
	Asimetria	-0,724	0,088
	Apuntament	0,425	0,175
Elongació	Mitjana	2,225	0,037
	Desviació típica	1,042	
	Asimetria	3,460	0,088
	Apuntament	25,619	0,175
Circularitat	Mitjana	0,153	0,004
	Desviació típica	0,123	
	Asimetria	2,164	0,088
	Apuntament	6,858	0,175
Quadratura	Mitjana	2,780	0,038
	Desviació típica	1,048	
	Asimetria	1,022	0,088
	Apuntament	1,577	0,175

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,045	0,002
	Desviació típica	0,049	
	Asimetria	4,360	0,088
	Apuntament	30,119	0,175
Compacitat A	Mitjana	141,210	4,104
	Desviació típica	114,622	
	Asimetria	2,379	0,088
	Apuntament	8,564	0,175
Irregularitat	Mitjana	3,454	0,081
	Desviació típica	2,257	
	Asimetria	2,113	0,088
	Apuntament	6,759	0,175
Rectangularitat A	Mitjana	0,688	0,002
	Desviació típica	0,053	
	Asimetria	1,703	0,088
	Apuntament	3,883	0,175
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	6,656	0,094
	Desviació típica	2,633	
	Asimetria	1,093	0,088
	Apuntament	2,127	0,175
Diàmetre Feret	Mitjana	16,923	0,203
	Desviació típica	5,656	
	Asimetria	1,329	0,088
	Apuntament	1,081	0,175
Compacitat B	Mitjana	0,683	0,004
	Desviació típica	0,120	
	Asimetria	-0,119	0,088
	Apuntament	-0,312	0,175
Rectangularitat B	Mitjana	76,458	2,018
	Desviació típica	56,353	
	Asimetria	2,026	0,088
	Apuntament	4,320	0,175

Taula A.4.7 – Descriptius de les distribucions de téxels de +100 a -1001 píxels: os.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	268,094	5,251
	Desviació típica	198,024	
	Asimetria	1,712	0,065
	Apuntament	2,370	0,130
Mitja de la lluminositat	Mitjana	102,852	0,240
	Desviació típica	9,045	
	Asimetria	-0,444	0,065
	Apuntament	0,010	0,130
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	12,585	0,158
	Desviació típica	5,963	
	Asimetria	0,158	0,065
	Apuntament	-0,548	0,130
Moda de la lluminositat	Mitjana	110,828	0,304
	Desviació típica	11,450	
	Asimetria	-2,293	0,065
	Apuntament	6,299	0,130
Lluminositat mínima	Mitjana	63,402	0,723
	Desviació típica	27,268	
	Asimetria	-0,150	0,065
	Apuntament	-0,748	0,130
Elongació	Mitjana	2,102	0,026
	Desviació típica	0,974	
	Asimetria	3,279	0,065
	Apuntament	19,913	0,130
Circularitat	Mitjana	0,154	0,003
	Desviació típica	0,125	
	Asimetria	1,788	0,065
	Apuntament	3,735	0,130
Quadratura	Mitjana	2,802	0,029
	Desviació típica	1,091	
	Asimetria	0,942	0,065
	Apuntament	1,025	0,130

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,045	0,001
	Desviació típica	0,045	
	Asimetria	2,755	0,065
	Apuntament	10,778	0,130
Compacitat A	Mitjana	144,639	3,155
	Desviació típica	118,970	
	Asimetria	2,133	0,065
	Apuntament	6,955	0,130
Irregularitat	Mitjana	2,911	0,056
	Desviació típica	2,124	
	Asimetria	2,190	0,065
	Apuntament	6,306	0,130
Rectangularitat A	Mitjana	0,693	0,001
	Desviació típica	0,050	
	Asimetria	1,165	0,065
	Apuntament	0,981	0,130
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	6,849	0,074
	Desviació típica	2,780	
	Asimetria	1,071	0,065
	Apuntament	1,428	0,130
Diàmetre Feret	Mitjana	17,502	0,157
	Desviació típica	5,920	
	Asimetria	1,201	0,065
	Apuntament	0,615	0,130
Compacitat B	Mitjana	0,698	0,003
	Desviació típica	0,120	
	Asimetria	-0,205	0,065
	Apuntament	-0,252	0,130
Rectangularitat B	Mitjana	80,760	1,580
	Desviació típica	59,588	
	Asimetria	1,819	0,065
	Apuntament	3,067	0,130

Taula A.4.8 – Descriptius de les distribucions de téxels de +100 a -1001 píxels: petxina.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	259,711	7,067
	Desviació típica	188,185	
	Asimetria	1,877	0,092
	Apuntament	3,302	0,183
Mitja de la lluminositat	Mitjana	104,573	0,282
	Desviació típica	7,507	
	Asimetria	-0,279	0,092
	Apuntament	-0,488	0,183
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	11,119	0,186
	Desviació típica	4,951	
	Asimetria	0,200	0,092
	Apuntament	-0,524	0,183
Moda de la lluminositat	Mitjana	111,296	0,374
	Desviació típica	9,968	
	Asimetria	-1,817	0,092
	Apuntament	3,838	0,183
Lluminositat mínima	Mitjana	68,633	0,936
	Desviació típica	24,911	
	Asimetria	-0,413	0,092
	Apuntament	-0,407	0,183
Elongació	Mitjana	2,068	0,032
	Desviació típica	0,851	
	Asimetria	3,323	0,092
	Apuntament	25,474	0,183
Circularitat	Mitjana	0,161	0,005
	Desviació típica	0,126	
	Asimetria	1,783	0,092
	Apuntament	3,813	0,183
Quadratura	Mitjana	2,684	0,037
	Desviació típica	0,982	
	Asimetria	0,816	0,092
	Apuntament	0,632	0,183

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,048	0,002
	Desviació típica	0,046	
	Asimetria	2,980	0,092
	Apuntament	14,480	0,183
Compacitat A	Mitjana	130,673	3,727
	Desviació típica	99,234	
	Asimetria	1,844	0,092
	Apuntament	4,835	0,183
Irregularitat	Mitjana	2,587	0,066
	Desviació típica	1,750	
	Asimetria	2,009	0,092
	Apuntament	5,157	0,183
Rectangularitat A	Mitjana	0,692	0,002
	Desviació típica	0,051	
	Asimetria	1,710	0,092
	Apuntament	4,512	0,183
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	6,577	0,094
	Desviació típica	2,500	
	Asimetria	1,046	0,092
	Apuntament	1,647	0,183
Diàmetre Feret	Mitjana	17,284	0,212
	Desviació típica	5,654	
	Asimetria	1,292	0,092
	Apuntament	1,056	0,183
Compacitat B	Mitjana	0,698	0,004
	Desviació típica	0,112	
	Asimetria	-0,099	0,092
	Apuntament	-0,270	0,183
Rectangularitat B	Mitjana	77,648	2,006
	Desviació típica	53,422	
	Asimetria	1,793	0,092
	Apuntament	3,246	0,183

Taula A.4.9 – Descriptius de les distribucions de téxels de +100 a -1001 píxels: sense distingir matèries treballades.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	247,728	2,324
	Desviació típica	179,118	
	Asimetria	1,959	0,032
	Apuntament	3,680	0,064
Mitja de la lluminositat	Mitjana	102,526	0,102
	Desviació típica	7,850	
	Asimetria	-0,283	0,032
	Apuntament	-0,027	0,064
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	12,917	0,072
	Desviació típica	5,584	
	Asimetria	0,315	0,032
	Apuntament	-0,165	0,064
Moda de la lluminositat	Mitjana	110,420	0,136
	Desviació típica	10,476	
	Asimetria	-1,864	0,032
	Apuntament	4,493	0,064
Lluminositat mínima	Mitjana	60,980	0,345
	Desviació típica	26,549	
	Asimetria	-0,278	0,032
	Apuntament	-0,603	0,064
Elongació	Mitjana	2,099	0,011
	Desviació típica	0,879	
	Asimetria	2,868	0,032
	Apuntament	18,902	0,064
Circularitat	Mitjana	0,137	0,001
	Desviació típica	0,114	
	Asimetria	2,065	0,032
	Apuntament	5,453	0,064
Quadratura	Mitjana	2,953	0,014
	Desviació típica	1,089	
	Asimetria	0,799	0,032
	Apuntament	0,817	0,064

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,039	0,001
	Desviació típica	0,041	
	Asimetria	3,373	0,032
	Apuntament	18,775	0,064
Compacitat A	Mitjana	158,492	1,575
	Desviació típica	121,393	
	Asimetria	1,985	0,032
	Apuntament	6,287	0,064
Irregularitat	Mitjana	3,294	0,029
	Desviació típica	2,222	
	Asimetria	1,999	0,032
	Apuntament	5,825	0,064
Rectangularitat A	Mitjana	0,698	0,001
	Desviació típica	0,053	
	Asimetria	1,312	0,032
	Apuntament	2,039	0,064
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	7,176	0,036
	Desviació típica	2,794	
	Asimetria	1,025	0,032
	Apuntament	1,711	0,064
Diàmetre Feret	Mitjana	16,900	0,071
	Desviació típica	5,462	
	Asimetria	1,363	0,032
	Apuntament	1,289	0,064
Compacitat B	Mitjana	0,692	0,001
	Desviació típica	0,115	
	Asimetria	-0,113	0,032
	Apuntament	-0,349	0,064
Rectangularitat B	Mitjana	72,961	0,670
	Desviació típica	51,616	
	Asimetria	2,054	0,032
	Apuntament	4,660	0,064

Taules A-5 – Descriptius de les distribucions de téxels de +1000 píxels:

Taula A-5-1 – Síntesis de descriptius per a les distribucions dels téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Àrea del texel								
Mitjana	2541,691	2067,778	2398,170	2485,637	2521,173	3015,957	2868,874	2740,327
Desviació típica	2215,697	1115,185	1446,021	1947,850	1764,192	2104,824	2209,883	2035,826
Asimetria	2,462	1,221	1,523	2,317	1,566	1,863	1,934	2,016
Apuntament	6,013	0,224	2,194	5,182	1,437	4,340	3,977	4,536

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Mitja de la lluminositat								
Mitjana	102,412	95,127	102,105	100,104	98,772	98,046	98,165	99,073
Desviació típica	7,987	7,365	6,016	6,175	6,191	9,671	7,584	8,122
Asimetria	-0,543	-0,503	-0,005	0,048	0,219	0,069	0,318	-0,033
Apuntament	-0,014	0,711	0,029	0,085	0,064	-0,626	-0,055	-0,207
Desviació típica de la lluminositat								
Mitjana	14,920	19,483	13,362	13,471	14,561	15,542	14,789	14,858
Desviació típica	5,970	4,750	4,145	3,676	4,335	5,765	4,658	5,102
Asimetria	0,133	0,203	-0,373	0,141	0,382	-0,479	-0,411	-0,127
Apuntament	-0,549	0,001	0,000	0,566	1,045	-0,644	0,056	-0,243
Moda de la lluminositat								
Mitjana	117,426	116,333	115,085	107,598	108,147	109,615	107,365	109,951
Desviació típica	3,546	3,531	6,121	11,162	10,211	16,221	12,869	12,962
Asimetria	-2,863	-0,653	-1,616	-0,791	-1,510	-2,295	-1,006	-2,061
Apuntament	9,771	-0,751	2,121	-0,183	3,255	4,569	-0,132	4,656
Lluminositat mínima								
Mitjana	31,985	17,611	42,872	45,216	42,987	38,035	39,767	39,217
Desviació típica	29,508	15,401	26,659	23,504	24,119	28,952	25,454	26,926
Asimetria	0,727	0,461	0,478	-0,047	0,171	0,707	0,505	0,484
Apuntament	-0,705	-1,331	-0,682	-0,651	-0,722	-0,569	-0,349	-0,645

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Elongació								
Mitjana	2,130	2,414	1,977	2,361	2,980	2,754	2,285	2,493
Desviació típica	0,914	1,205	0,772	1,006	1,672	1,928	0,908	1,448
Asimetria	1,450	1,058	1,519	0,941	1,479	2,955	1,322	3,046
Apuntament	2,068	0,124	2,594	0,055	2,718	10,906	2,339	14,698
Circularitat								
Mitjana	0,043	0,022	0,039	0,050	0,054	0,071	0,051	0,055
Desviació típica	0,055	0,012	0,045	0,072	0,058	0,081	0,062	0,069
Asimetria	5,137	1,893	1,982	3,831	3,001	2,409	5,174	3,430
Apuntament	34,007	4,579	3,493	17,251	11,103	6,410	39,129	15,398
Quadratura								
Mitjana	5,574	6,381	6,149	5,381	5,045	4,678	4,973	5,116
Desviació típica	2,172	1,201	2,472	1,903	2,131	2,143	1,746	2,075
Asimetria	0,654	-0,839	0,045	0,073	0,979	0,887	0,348	0,570
Apuntament	0,512	0,326	-0,855	-0,045	1,346	0,926	-0,028	0,313
Ratio Circularitat/Estretor								
Mitjana	0,011	0,004	0,010	0,013	0,015	0,020	0,014	0,015
Desviació típica	0,018	0,006	0,013	0,023	0,018	0,025	0,021	0,022
Asimetria	5,617	1,085	1,676	4,179	3,160	2,718	6,667	4,058
Apuntament	39,656	0,387	2,515	21,952	13,134	8,951	61,164	23,597
Compacitat A								
Mitjana	571,650	673,153	701,558	520,819	479,241	423,594	444,205	487,868
Desviació típica	448,862	229,467	503,078	342,079	428,901	400,962	302,089	392,124
Asimetria	1,834	-0,421	0,783	1,102	2,338	2,235	1,307	1,783
Apuntament	5,425	-0,358	0,458	1,818	8,036	7,080	2,420	5,033
Irregularitat								
Mitjana	16,224	16,853	17,593	15,628	16,228	13,924	14,318	15,054
Desviació típica	9,579	5,956	9,621	8,860	8,738	9,218	8,392	8,969
Asimetria	1,386	0,887	0,786	1,210	1,079	1,381	1,161	1,198
Apuntament	1,976	0,636	-0,120	1,612	0,904	2,211	1,315	1,472

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Totes
Rectangularitat A								
Mitjana	0,767	0,777	0,790	0,756	0,737	0,733	0,750	0,749
Desviació típica	0,069	0,055	0,084	0,067	0,058	0,065	0,059	0,067
Asimetria	0,524	-0,571	0,073	0,651	0,629	0,556	0,369	0,517
Apuntament	-0,310	0,189	-0,841	0,283	0,370	-0,575	-0,172	-0,211
Ratio Perimetre/Eix Major								
Mitjana	13,044	14,161	14,392	11,850	10,535	10,161	11,233	11,358
Desviació típica	5,858	4,055	5,830	4,374	5,150	5,093	4,472	5,122
Asimetria	1,003	0,412	0,146	0,481	1,149	1,213	0,954	0,909
Apuntament	0,765	-1,201	-0,727	0,144	1,208	1,748	1,505	0,823
Diametre Feret								
Mitjana	53,449	49,784	53,220	53,345	53,972	58,961	57,040	56,015
Desviació típica	19,618	12,779	15,030	17,936	17,354	19,105	20,034	18,753
Asimetria	1,836	0,971	1,041	1,686	1,214	1,057	1,219	1,287
Apuntament	2,960	-0,249	0,365	2,518	0,373	0,898	1,051	1,282
Compacitat B								
Mitjana	0,661	0,631	0,671	0,636	0,595	0,625	0,642	0,634
Desviació típica	0,117	0,144	0,114	0,125	0,145	0,142	0,110	0,130
Asimetria	-0,125	-0,274	-0,339	0,187	0,059	-0,192	0,069	-0,147
Apuntament	-0,297	-1,087	-0,548	-0,647	-1,037	-0,342	-0,496	-0,429
Rectangularitat B								
Mitjana	524,690	456,449	459,800	588,352	643,464	776,878	701,387	663,938
Desviació típica	393,283	246,632	311,084	457,030	441,803	523,775	526,460	487,489
Asimetria	3,700	0,756	2,424	2,359	1,608	1,649	1,586	1,894
Apuntament	19,630	-0,844	6,844	6,223	1,853	3,256	2,318	4,089

Taula A-5-2 – Descriptius de les distribucions de téxels de +1000 píxels: descarni.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	2541,691	268,693
	Desviació típica	2215,697	
	Asimetria	2,462	0,291
	Apuntament	6,013	0,574
Mitja de la lluminositat	Mitjana	102,412	0,969
	Desviació típica	7,987	
	Asimetria	-0,543	0,291
	Apuntament	-0,014	0,574
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	14,920	0,724
	Desviació típica	5,970	
	Asimetria	0,133	0,291
	Apuntament	-0,549	0,574
Moda de la lluminositat	Mitjana	117,426	0,430
	Desviació típica	3,546	
	Asimetria	-2,863	0,291
	Apuntament	9,771	0,574
Lluminositat mínima	Mitjana	31,985	3,578
	Desviació típica	29,508	
	Asimetria	0,727	0,291
	Apuntament	-0,705	0,574
Elongació	Mitjana	2,130	0,111
	Desviació típica	0,914	
	Asimetria	1,450	0,291
	Apuntament	2,068	0,574
Circularitat	Mitjana	0,043	0,007
	Desviació típica	0,055	
	Asimetria	5,137	0,291
	Apuntament	34,007	0,574
Quadratura	Mitjana	5,574	0,263
	Desviació típica	2,172	
	Asimetria	0,654	0,291
	Apuntament	0,512	0,574

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,011	0,002
	Desviació típica	0,018	
	Asimetria	5,617	0,291
	Apuntament	39,656	0,574
Compacitat A	Mitjana	571,650	54,432
	Desviació típica	448,862	
	Asimetria	1,834	0,291
	Apuntament	5,425	0,574
Irregularitat	Mitjana	16,224	1,162
	Desviació típica	9,579	
	Asimetria	1,386	0,291
	Apuntament	1,976	0,574
Rectangularitat A	Mitjana	0,767	0,008
	Desviació típica	0,069	
	Asimetria	0,524	0,291
	Apuntament	-0,310	0,574
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	13,044	0,710
	Desviació típica	5,858	
	Asimetria	1,003	0,291
	Apuntament	0,765	0,574
Diàmetre Feret	Mitjana	53,449	2,379
	Desviació típica	19,618	
	Asimetria	1,836	0,291
	Apuntament	2,960	0,574
Compacitat B	Mitjana	0,661	0,014
	Desviació típica	0,117	
	Asimetria	-0,125	0,291
	Apuntament	-0,297	0,574
Rectangularitat B	Mitjana	524,690	47,693
	Desviació típica	393,283	
	Asimetria	3,700	0,291
	Apuntament	19,630	0,574

Taula A-5-3 – Descriptius de les distribucions de téxels de +1000 píxels: pell fresca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	2067,778	262,852
	Desviació típica	1115,185	
	Asimetria	1,221	0,536
	Apuntament	0,224	1,038
Mitja de la lluminositat	Mitjana	95,127	1,736
	Desviació típica	7,365	
	Asimetria	-0,503	0,536
	Apuntament	0,711	1,038
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	19,483	1,120
	Desviació típica	4,750	
	Asimetria	0,203	0,536
	Apuntament	0,001	1,038
Moda de la lluminositat	Mitjana	116,333	0,832
	Desviació típica	3,531	
	Asimetria	-0,653	0,536
	Apuntament	-0,751	1,038
Lluminositat mínima	Mitjana	17,611	3,630
	Desviació típica	15,401	
	Asimetria	0,461	0,536
	Apuntament	-1,331	1,038
Elongació	Mitjana	2,414	0,284
	Desviació típica	1,205	
	Asimetria	1,058	0,536
	Apuntament	0,124	1,038
Circularitat	Mitjana	0,022	0,003
	Desviació típica	0,012	
	Asimetria	1,893	0,536
	Apuntament	4,579	1,038
Quadratura	Mitjana	6,381	0,283
	Desviació típica	1,201	
	Asimetria	-0,839	0,536
	Apuntament	0,326	1,038

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,004	0,001
	Desviació típica	0,006	
	Asimetria	1,085	0,536
	Apuntament	0,387	1,038
Compacitat A	Mitjana	673,153	54,086
	Desviació típica	229,467	
	Asimetria	-0,421	0,536
	Apuntament	-0,358	1,038
Irregularitat	Mitjana	16,853	1,404
	Desviació típica	5,956	
	Asimetria	0,887	0,536
	Apuntament	0,636	1,038
Rectangularitat A	Mitjana	0,777	0,013
	Desviació típica	0,055	
	Asimetria	-0,571	0,536
	Apuntament	0,189	1,038
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	14,161	0,956
	Desviació típica	4,055	
	Asimetria	0,412	0,536
	Apuntament	-1,201	1,038
Diàmetre Feret	Mitjana	49,784	3,012
	Desviació típica	12,779	
	Asimetria	0,971	0,536
	Apuntament	-0,249	1,038
Compacitat B	Mitjana	0,631	0,034
	Desviació típica	0,144	
	Asimetria	-0,274	0,536
	Apuntament	-1,087	1,038
Rectangularitat B	Mitjana	456,449	58,132
	Desviació típica	246,632	
	Asimetria	0,756	0,536
	Apuntament	-0,844	1,038

Taula A-5-4 – Descriptius de les distribucions de téxels de +1000 píxels: pell seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	2398,170	210,924
	Desviació típica	1446,021	
	Asimetria	1,523	0,347
	Apuntament	2,194	0,681
Mitja de la lluminositat	Mitjana	102,105	0,877
	Desviació típica	6,016	
	Asimetria	-0,005	0,347
	Apuntament	0,029	0,681
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	13,362	0,605
	Desviació típica	4,145	
	Asimetria	-0,373	0,347
	Apuntament	0,000	0,681
Moda de la lluminositat	Mitjana	115,085	0,893
	Desviació típica	6,121	
	Asimetria	-1,616	0,347
	Apuntament	2,121	0,681
Lluminositat mínima	Mitjana	42,872	3,889
	Desviació típica	26,659	
	Asimetria	0,478	0,347
	Apuntament	-0,682	0,681
Elongació	Mitjana	1,977	0,113
	Desviació típica	0,772	
	Asimetria	1,519	0,347
	Apuntament	2,594	0,681
Circularitat	Mitjana	0,039	0,007
	Desviació típica	0,045	
	Asimetria	1,982	0,347
	Apuntament	3,493	0,681
Quadratura	Mitjana	6,149	0,361
	Desviació típica	2,472	
	Asimetria	0,045	0,347
	Apuntament	-0,855	0,681

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,010	0,002
	Desviació típica	0,013	
	Asimetria	1,676	0,347
	Apuntament	2,515	0,681
Compacitat A	Mitjana	701,558	73,381
	Desviació típica	503,078	
	Asimetria	0,783	0,347
	Apuntament	0,458	0,681
Irregularitat	Mitjana	17,593	1,403
	Desviació típica	9,621	
	Asimetria	0,786	0,347
	Apuntament	-0,120	0,681
Rectangularitat A	Mitjana	0,790	0,012
	Desviació típica	0,084	
	Asimetria	0,073	0,347
	Apuntament	-0,841	0,681
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	14,392	0,850
	Desviació típica	5,830	
	Asimetria	0,146	0,347
	Apuntament	-0,727	0,681
Diàmetre Feret	Mitjana	53,220	2,192
	Desviació típica	15,030	
	Asimetria	1,041	0,347
	Apuntament	0,365	0,681
Compacitat B	Mitjana	0,671	0,017
	Desviació típica	0,114	
	Asimetria	-0,339	0,347
	Apuntament	-0,548	0,681
Rectangularitat B	Mitjana	459,800	45,376
	Desviació típica	311,084	
	Asimetria	2,424	0,347
	Apuntament	6,844	0,681

Taula A-5-5 – Descriptius de les distribucions de téxels de +1000 píxels: fusta fresca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	2485,637	192,866
	Desviació típica	1947,850	
	Asimetria	2,317	0,239
	Apuntament	5,182	0,474
Mitja de la lluminositat	Mitjana	100,104	0,611
	Desviació típica	6,175	
	Asimetria	0,048	0,239
	Apuntament	0,085	0,474
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	13,471	0,364
	Desviació típica	3,676	
	Asimetria	0,141	0,239
	Apuntament	0,566	0,474
Moda de la lluminositat	Mitjana	107,598	1,105
	Desviació típica	11,162	
	Asimetria	-0,791	0,239
	Apuntament	-0,183	0,474
Lluminositat mínima	Mitjana	45,216	2,327
	Desviació típica	23,504	
	Asimetria	-0,047	0,239
	Apuntament	-0,651	0,474
Elongació	Mitjana	2,361	0,100
	Desviació típica	1,006	
	Asimetria	0,941	0,239
	Apuntament	0,055	0,474
Circularitat	Mitjana	0,050	0,007
	Desviació típica	0,072	
	Asimetria	3,831	0,239
	Apuntament	17,251	0,474
Quadratura	Mitjana	5,381	0,188
	Desviació típica	1,903	
	Asimetria	0,073	0,239
	Apuntament	-0,045	0,474

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,013	0,002
	Desviació típica	0,023	
	Asimetria	4,179	0,239
	Apuntament	21,952	0,474
Compacitat A	Mitjana	520,819	33,871
	Desviació típica	342,079	
	Asimetria	1,102	0,239
	Apuntament	1,818	0,474
Irregularitat	Mitjana	15,628	0,877
	Desviació típica	8,860	
	Asimetria	1,210	0,239
	Apuntament	1,612	0,474
Rectangularitat A	Mitjana	0,756	0,007
	Desviació típica	0,067	
	Asimetria	0,651	0,239
	Apuntament	0,283	0,474
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	11,850	0,433
	Desviació típica	4,374	
	Asimetria	0,481	0,239
	Apuntament	0,144	0,474
Diàmetre Feret	Mitjana	53,345	1,776
	Desviació típica	17,936	
	Asimetria	1,686	0,239
	Apuntament	2,518	0,474
Compacitat B	Mitjana	0,636	0,012
	Desviació típica	0,125	
	Asimetria	0,187	0,239
	Apuntament	-0,647	0,474
Rectangularitat B	Mitjana	588,352	45,253
	Desviació típica	457,030	
	Asimetria	2,359	0,239
	Apuntament	6,223	0,474

Taula A-5-6 – Descriptius de les distribucions de téxels de +1000 píxels: fusta seca.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	2521,173	203,711
	Desviació típica	1764,192	
	Asimetria	1,566	0,277
	Apuntament	1,437	0,548
Mitja de la lluminositat	Mitjana	98,772	0,715
	Desviació típica	6,191	
	Asimetria	0,219	0,277
	Apuntament	0,064	0,548
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	14,561	0,501
	Desviació típica	4,335	
	Asimetria	0,382	0,277
	Apuntament	1,045	0,548
Moda de la lluminositat	Mitjana	108,147	1,179
	Desviació típica	10,211	
	Asimetria	-1,510	0,277
	Apuntament	3,255	0,548
Lluminositat mínima	Mitjana	42,987	2,785
	Desviació típica	24,119	
	Asimetria	0,171	0,277
	Apuntament	-0,722	0,548
Elongació	Mitjana	2,980	0,193
	Desviació típica	1,672	
	Asimetria	1,479	0,277
	Apuntament	2,718	0,548
Circularitat	Mitjana	0,054	0,007
	Desviació típica	0,058	
	Asimetria	3,001	0,277
	Apuntament	11,103	0,548
Quadratura	Mitjana	5,045	0,246
	Desviació típica	2,131	
	Asimetria	0,979	0,277
	Apuntament	1,346	0,548

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,015	0,002
	Desviació típica	0,018	
	Asimetria	3,160	0,277
	Apuntament	13,134	0,548
Compacitat A	Mitjana	479,241	49,525
	Desviació típica	428,901	
	Asimetria	2,338	0,277
	Apuntament	8,036	0,548
Irregularitat	Mitjana	16,228	1,009
	Desviació típica	8,738	
	Asimetria	1,079	0,277
	Apuntament	0,904	0,548
Rectangularitat A	Mitjana	0,737	0,007
	Desviació típica	0,058	
	Asimetria	0,629	0,277
	Apuntament	0,370	0,548
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	10,535	0,595
	Desviació típica	5,150	
	Asimetria	1,149	0,277
	Apuntament	1,208	0,548
Diàmetre Feret	Mitjana	53,972	2,004
	Desviació típica	17,354	
	Asimetria	1,214	0,277
	Apuntament	0,373	0,548
Compacitat B	Mitjana	0,595	0,017
	Desviació típica	0,145	
	Asimetria	0,059	0,277
	Apuntament	-1,037	0,548
Rectangularitat B	Mitjana	643,464	51,015
	Desviació típica	441,803	
	Asimetria	1,608	0,277
	Apuntament	1,853	0,548

Taula A-5-7 – Descriptius de les distribucions de téxels de +1000 píxels: os.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	3015,957	138,487
	Desviació típica	2104,824	
	Asimetria	1,863	0,160
	Apuntament	4,340	0,319
Mitja de la lluminositat	Mitjana	98,046	0,636
	Desviació típica	9,671	
	Asimetria	0,069	0,160
	Apuntament	-0,626	0,319
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	15,542	0,379
	Desviació típica	5,765	
	Asimetria	-0,479	0,160
	Apuntament	-0,644	0,319
Moda de la lluminositat	Mitjana	109,615	1,067
	Desviació típica	16,221	
	Asimetria	-2,295	0,160
	Apuntament	4,569	0,319
Lluminositat mínima	Mitjana	38,035	1,905
	Desviació típica	28,952	
	Asimetria	0,707	0,160
	Apuntament	-0,569	0,319
Elongació	Mitjana	2,754	0,127
	Desviació típica	1,928	
	Asimetria	2,955	0,160
	Apuntament	10,906	0,319
Circularitat	Mitjana	0,071	0,005
	Desviació típica	0,081	
	Asimetria	2,409	0,160
	Apuntament	6,410	0,319
Quadratura	Mitjana	4,678	0,141
	Desviació típica	2,143	
	Asimetria	0,887	0,160
	Apuntament	0,926	0,319

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,020	0,002
	Desviació típica	0,025	
	Asimetria	2,718	0,160
	Apuntament	8,951	0,319
Compacitat A	Mitjana	423,594	26,381
	Desviació típica	400,962	
	Asimetria	2,235	0,160
	Apuntament	7,080	0,319
Irregularitat	Mitjana	13,924	0,607
	Desviació típica	9,218	
	Asimetria	1,381	0,160
	Apuntament	2,211	0,319
Rectangularitat A	Mitjana	0,733	0,004
	Desviació típica	0,065	
	Asimetria	0,556	0,160
	Apuntament	-0,575	0,319
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	10,161	0,335
	Desviació típica	5,093	
	Asimetria	1,213	0,160
	Apuntament	1,748	0,319
Diàmetre Feret	Mitjana	58,961	1,257
	Desviació típica	19,105	
	Asimetria	1,057	0,160
	Apuntament	0,898	0,319
Compacitat B	Mitjana	0,625	0,009
	Desviació típica	0,142	
	Asimetria	-0,192	0,160
	Apuntament	-0,342	0,319
Rectangularitat B	Mitjana	776,878	34,462
	Desviació típica	523,775	
	Asimetria	1,649	0,160
	Apuntament	3,256	0,319

Taula A-5-8 – Descriptius de les distribucions de téxels de +1000 píxels: petxina.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	2868,874	175,255
	Desviació típica	2209,883	
	Asimetria	1,934	0,192
	Apuntament	3,977	0,383
Mitja de la lluminositat	Mitjana	98,165	0,601
	Desviació típica	7,584	
	Asimetria	0,318	0,192
	Apuntament	-0,055	0,383
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	14,789	0,369
	Desviació típica	4,658	
	Asimetria	-0,411	0,192
	Apuntament	0,056	0,383
Moda de la lluminositat	Mitjana	107,365	1,021
	Desviació típica	12,869	
	Asimetria	-1,006	0,192
	Apuntament	-0,132	0,383
Lluminositat mínima	Mitjana	39,767	2,019
	Desviació típica	25,454	
	Asimetria	0,505	0,192
	Apuntament	-0,349	0,383
Elongació	Mitjana	2,285	0,072
	Desviació típica	0,908	
	Asimetria	1,322	0,192
	Apuntament	2,339	0,383
Circularitat	Mitjana	0,051	0,005
	Desviació típica	0,062	
	Asimetria	5,174	0,192
	Apuntament	39,129	0,383
Quadratura	Mitjana	4,973	0,138
	Desviació típica	1,746	
	Asimetria	0,348	0,192
	Apuntament	-0,028	0,383

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,014	0,002
	Desviació típica	0,021	
	Asimetria	6,667	0,192
	Apuntament	61,164	0,383
Compacitat A	Mitjana	444,205	23,957
	Desviació típica	302,089	
	Asimetria	1,307	0,192
	Apuntament	2,420	0,383
Irregularitat	Mitjana	14,318	0,665
	Desviació típica	8,392	
	Asimetria	1,161	0,192
	Apuntament	1,315	0,383
Rectangularitat A	Mitjana	0,750	0,005
	Desviació típica	0,059	
	Asimetria	0,369	0,192
	Apuntament	-0,172	0,383
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	11,233	0,355
	Desviació típica	4,472	
	Asimetria	0,954	0,192
	Apuntament	1,505	0,383
Diàmetre Feret	Mitjana	57,040	1,589
	Desviació típica	20,034	
	Asimetria	1,219	0,192
	Apuntament	1,051	0,383
Compacitat B	Mitjana	0,642	0,009
	Desviació típica	0,110	
	Asimetria	0,069	0,192
	Apuntament	-0,496	0,383
Rectangularitat B	Mitjana	701,387	41,751
	Desviació típica	526,460	
	Asimetria	1,586	0,192
	Apuntament	2,318	0,383

Taula A-5-9 – Descriptius de les distribucions de téxels de +1000 píxels: sense distingir matèries treballades.

		Estadístic	Error típic
Àrea del texel	Mitjana	2740,327	76,947
	Desviació típica	2035,826	
	Asimetria	2,016	0,092
	Apuntament	4,536	0,185
Mitja de la lluminositat	Mitjana	99,073	0,307
	Desviació típica	8,122	
	Asimetria	-0,033	0,092
	Apuntament	-0,207	0,185
Desviació estàndard de la lluminositat	Mitjana	14,858	0,193
	Desviació típica	5,102	
	Asimetria	-0,127	0,092
	Apuntament	-0,243	0,185
Moda de la lluminositat	Mitjana	109,951	0,490
	Desviació típica	12,962	
	Asimetria	-2,061	0,092
	Apuntament	4,656	0,185
Lluminositat mínima	Mitjana	39,217	1,018
	Desviació típica	26,926	
	Asimetria	0,484	0,092
	Apuntament	-0,645	0,185
Elongació	Mitjana	2,493	0,055
	Desviació típica	1,448	
	Asimetria	3,046	0,092
	Apuntament	14,698	0,185
Circularitat	Mitjana	0,055	0,003
	Desviació típica	0,069	
	Asimetria	3,430	0,092
	Apuntament	15,398	0,185
Quadratura	Mitjana	5,116	0,078
	Desviació típica	2,075	
	Asimetria	0,570	0,092
	Apuntament	0,313	0,185

		Estadístic	Error típic
Ratio Circularitat/Estretor	Mitjana	0,015	0,001
	Desviació típica	0,022	
	Asimetria	4,058	0,092
	Apuntament	23,597	0,185
Compacitat A	Mitjana	487,868	14,821
	Desviació típica	392,124	
	Asimetria	1,783	0,092
	Apuntament	5,033	0,185
Irregularitat	Mitjana	15,054	0,339
	Desviació típica	8,969	
	Asimetria	1,198	0,092
	Apuntament	1,472	0,185
Rectangularitat A	Mitjana	0,749	0,003
	Desviació típica	0,067	
	Asimetria	0,517	0,092
	Apuntament	-0,211	0,185
Ratio Perímetre/Eix Major	Mitjana	11,358	0,194
	Desviació típica	5,122	
	Asimetria	0,909	0,092
	Apuntament	0,823	0,185
Diàmetre Feret	Mitjana	56,015	0,709
	Desviació típica	18,753	
	Asimetria	1,287	0,092
	Apuntament	1,282	0,185
Compacitat B	Mitjana	0,634	0,005
	Desviació típica	0,130	
	Asimetria	-0,147	0,092
	Apuntament	-0,429	0,185
Rectangularitat B	Mitjana	663,938	18,425
	Desviació típica	487,489	
	Asimetria	1,894	0,092
	Apuntament	4,089	0,185

Taula A-6 – Resultats de l’ANOVA per a atributs amb distribucions normals en la base de dades de texels de +1000 píxels.

ANOVA per a atributs amb distribucions normals en interval +1000		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Mean of luminance	Inter-grupos	1960,304	6	326,717	5,129	3,6099700083E-05
	Intra-grupos	44147,602	693	63,705		
	Total	46107,906	699			
Standard deviation of luminance	Inter-grupos	802,118	6	133,686	5,327	2,1841591661E-05
	Intra-grupos	17390,411	693	25,094		
	Total	18192,529	699			
Mode of luminance	Inter-grupos	7670,598	6	1278,433	8,071	1,9183509892E-08
	Intra-grupos	109763,751	693	158,389		
	Total	117434,349	699			
Minimum luminance	Inter-grupos	17694,143	6	2949,024	4,179	3,8799058530E-04
	Intra-grupos	489070,852	693	705,730		
	Total	506764,994	699			
Quadrature	Inter-grupos	148,290	6	24,715	5,986	4,0867589632E-06
	Intra-grupos	2861,078	693	4,129		
	Total	3009,368	699			
Rectangularity A	Inter-grupos	0,189	6	0,031	7,379	1,1444126358E-07
	Intra-grupos	2,952	693	0,004		
	Total	3,141	699			
Compactness B	Inter-grupos	0,260	6	0,043	2,598	1,6975738108E-02
	Intra-grupos	11,541	693	0,017		
	Total	11,800	699			

Taules A-7 – Resultats de les proves de rang per a atributs amb distribucions normals en la base de dades de texels de +1000 píxels:

Taula A-7.1 – Resultats de les proves de rang per a “mitja de la lluminositat”.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3
Student-Newman-Keuls	pell fresca	18	95,127		
	os	231	98,046	98,046	
	petxina	159	98,165	98,165	
	fusta seca	75	98,772	98,772	98,772
	fusta fresca	102		100,104	100,104
	pell seca	47		102,105	102,105
	descarni	68			102,412
	Sig.			0,074	0,056
HSD de Tukey	pell fresca	18	95,127		
	os	231	98,046	98,046	
	petxina	159	98,165	98,165	
	fusta seca	75	98,772	98,772	
	fusta fresca	102		100,104	
	pell seca	47		102,105	
	descarni	68		102,412	
	Sig.			0,193	0,059
Duncan	pell fresca	18	95,127		
	os	231	98,046	98,046	
	petxina	159	98,165	98,165	
	fusta seca	75		98,772	
	fusta fresca	102		100,104	100,104
	pell seca	47			102,105
	descarni	68			102,412
	Sig.			0,056	0,219
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	18	95,127		
	os	231	98,046		
	petxina	159	98,165		
	fusta seca	75	98,772	98,772	
	fusta fresca	102	100,104	100,104	100,104
	pell seca	47		102,105	102,105
	descarni	68			102,412
	Sig.			0,108	0,179
Waller-Duncan	pell fresca	18	95,127		
	os	231	98,046	98,046	
	petxina	159		98,165	
	fusta seca	75		98,772	
	fusta fresca	102		100,104	100,104
	pell seca	47			102,105
	descarni	68			102,412

Taula A-7.2 – Resultats de les proves de rang per a “desviació estàndard de la lluminositat”.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3
Student-Newman-Keuls	pell seca	47	13,362		
	fusta fresca	102	13,471		
	fusta seca	75	14,561		
	petxina	159	14,789		
	descarni	68	14,920		
	os	231	15,542		
	pell fresca	18		19,483	
	Sig.			0,194	1,000
HSD de Tukey	pell seca	47	13,362		
	fusta fresca	102	13,471		
	fusta seca	75	14,561		
	petxina	159	14,789		
	descarni	68	14,920		
	os	231	15,542		
	pell fresca	18		19,483	
	Sig.			0,244	1,000
Duncan	pell seca	47	13,362		
	fusta fresca	102	13,471		
	fusta seca	75	14,561	14,561	
	petxina	159	14,789	14,789	
	descarni	68	14,920	14,920	
	os	231		15,542	
	pell fresca	18			19,483
	Sig.			0,147	0,353
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell seca	47	13,362		
	fusta fresca	102	13,471		
	fusta seca	75	14,561	14,561	
	petxina	159	14,789	14,789	
	descarni	68	14,920	14,920	
	os	231		15,542	
	pell fresca	18			19,483
	Sig.			0,174	0,516
Waller-Duncan	pell seca	47	13,362		
	fusta fresca	102	13,471		
	fusta seca	75	14,561	14,561	
	petxina	159	14,789	14,789	
	descarni	68	14,920	14,920	
	os	231		15,542	
	pell fresca	18			19,483

Taula A-7.3 – Resultats de les proves de rang per a “moda de la lluminositat”.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	petxina	159	107,365			
	fusta fresca	102	107,598			
	fusta seca	75	108,147			
	os	231	109,615			
	pell seca	47		115,085		
	pell fresca	18		116,333		
	descarni	68		117,426		
	Sig.			0,781	0,587	
HSD de Tukey	petxina	159	107,365			
	fusta fresca	102	107,598			
	fusta seca	75	108,147	108,147		
	os	231	109,615	109,615	109,615	
	pell seca	47		115,085	115,085	115,085
	pell fresca	18			116,333	116,333
	descarni	68				117,426
	Sig.			0,965	0,055	0,071
Duncan	petxina	159	107,365			
	fusta fresca	102	107,598			
	fusta seca	75	108,147			
	os	231	109,615			
	pell seca	47		115,085		
	pell fresca	18		116,333		
	descarni	68		117,426		
	Sig.			0,397	0,358	
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	petxina	159	107,365			
	fusta fresca	102	107,598			
	fusta seca	75	108,147			
	os	231	109,615			
	pell seca	47		115,085		
	pell fresca	18		116,333		
	descarni	68		117,426		
	Sig.			0,465	0,894	
Waller-Duncan	petxina	159	107,365			
	fusta fresca	102	107,598			
	fusta seca	75	108,147			
	os	231	109,615			
	pell seca	47		115,085		
	pell fresca	18		116,333		
	descarni	68		117,426		

Taula A-7.4 – Resultats de les proves de rang per a “luminositat mínima”.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3
Student-Newman-Keuls	pell fresca	18	17,611		
	descarni	68		31,985	
	os	231		38,035	
	petxina	159		39,767	
	pell seca	47		42,872	
	fusta seca	75		42,987	
	fusta fresca	102		45,216	
	Sig.			1,000	0,090
HSD de Tukey	pell fresca	18	17,611		
	descarni	68	31,985	31,985	
	os	231		38,035	
	petxina	159		39,767	
	pell seca	47		42,872	
	fusta seca	75		42,987	
	fusta fresca	102		45,216	
	Sig.			0,064	0,116
Duncan	pell fresca	18	17,611		
	descarni	68		31,985	
	os	231		38,035	38,035
	petxina	159		39,767	39,767
	pell seca	47			42,872
	fusta seca	75			42,987
	fusta fresca	102			45,216
	Sig.			1,000	0,145
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	18	17,611		
	descarni	68	31,985	31,985	
	os	231		38,035	38,035
	petxina	159		39,767	39,767
	pell seca	47		42,872	42,872
	fusta seca	75		42,987	42,987
	fusta fresca	102			45,216
	Sig.			0,138	0,135
Waller-Duncan	pell fresca	18	17,611		
	descarni	68		31,985	
	os	231		38,035	38,035
	petxina	159		39,767	39,767
	pell seca	47			42,872
	fusta seca	75			42,987
	fusta fresca	102			45,216

Taula A-7.5 – Resultats de les proves de rang per a “quadratura”.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	os	231	4,678			
	petxina	159	4,973			
	fusta seca	75	5,045			
	fusta fresca	102	5,381	5,381		
	descarni	68	5,574	5,574	5,574	
	pell seca	47		6,149	6,149	
	pell fresca	18			6,381	
	Sig.			0,136	0,113	0,090
HSD de Tukey	os	231	4,678			
	petxina	159	4,973			
	fusta seca	75	5,045	5,045		
	fusta fresca	102	5,381	5,381	5,381	
	descarni	68	5,574	5,574	5,574	
	pell seca	47		6,149	6,149	
	pell fresca	18			6,381	
	Sig.			0,230	0,062	0,125
Duncan	os	231	4,678			
	petxina	159	4,973	4,973		
	fusta seca	75	5,045	5,045		
	fusta fresca	102	5,381	5,381	5,381	
	descarni	68		5,574	5,574	
	pell seca	47			6,149	6,149
	pell fresca	18				6,381
	Sig.			0,096	0,157	0,058
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	os	231	4,678			
	petxina	159	4,973	4,973		
	fusta seca	75	5,045	5,045	5,045	
	fusta fresca	102	5,381	5,381	5,381	5,381
	descarni	68		5,574	5,574	5,574
	pell seca	47			6,149	6,149
	pell fresca	18				6,381
	Sig.			0,055	0,229	0,054
Waller-Duncan	os	231	4,678			
	petxina	159	4,973	4,973		
	fusta seca	75	5,045	5,045		
	fusta fresca	102	5,381	5,381		
	descarni	68		5,574	5,574	
	pell seca	47			6,149	6,149
	pell fresca	18				6,381

Taula A-7-6 – Resultats de les proves de rang per a “rectangularitat A”.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4	5
Student-Newman-Keuls	os	231	0,733				
	fusta seca	75	0,737	0,737			
	petxina	159	0,750	0,750	0,750		
	fusta fresca	102	0,756	0,756	0,756		
	descarni	68		0,767	0,767	0,767	
	pell fresca	18			0,777	0,777	
	pell seca	47				0,790	
	Sig.			0,228	0,078	0,121	0,153
HSD de Tukey	os	231	0,733				
	fusta seca	75	0,737				
	petxina	159	0,750	0,750			
	fusta fresca	102	0,756	0,756	0,756		
	descarni	68	0,767	0,767	0,767		
	pell fresca	18		0,777	0,777		
	pell seca	47			0,790		
	Sig.			0,090	0,291	0,101	
Duncan	os	231	0,733				
	fusta seca	75	0,737				
	petxina	159	0,750	0,750			
	fusta fresca	102	0,756	0,756	0,756		
	descarni	68		0,767	0,767	0,767	
	pell fresca	18			0,777	0,777	
	pell seca	47				0,790	
	Sig.			0,082	0,194	0,117	0,079
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	os	231	0,733				
	fusta seca	75	0,737	0,737			
	petxina	159	0,750	0,750	0,750		
	fusta fresca	102		0,756	0,756	0,756	
	descarni	68		0,767	0,767	0,767	
	pell fresca	18			0,777	0,777	
	pell seca	47				0,790	
	Sig.			0,100	0,080	0,263	0,059
Waller-Duncan	os	231	0,733				
	fusta seca	75	0,737	0,737			
	petxina	159	0,750	0,750	0,750		
	fusta fresca	102		0,756	0,756	0,756	
	descarni	68			0,767	0,767	0,767
	pell fresca	18				0,777	0,777
	pell seca	47					0,790

Taula A-7.7 – Resultats de les proves de rang per a “compacitat B”.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2
Student-Newman-Keuls	fusta seca	75	0,595	
	os	231	0,625	0,625
	pell fresca	18	0,631	0,631
	fusta fresca	102	0,636	0,636
	petxina	159	0,642	0,642
	descarni	68	0,661	0,661
	pell seca	47		0,671
	Sig.			0,069
HSD de Tukey	fusta seca	75	0,595	
	os	231	0,625	0,625
	pell fresca	18	0,631	0,631
	fusta fresca	102	0,636	0,636
	petxina	159	0,642	0,642
	descarni	68	0,661	0,661
	pell seca	47		0,671
	Sig.			0,091
Duncan	fusta seca	75	0,595	
	os	231	0,625	0,625
	pell fresca	18	0,631	0,631
	fusta fresca	102	0,636	0,636
	petxina	159	0,642	0,642
	descarni	68		0,661
	pell seca	47		0,671
	Sig.			0,087
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta seca	75	0,595	
	os	231	0,625	0,625
	pell fresca	18	0,631	0,631
	fusta fresca	102	0,636	0,636
	petxina	159	0,642	0,642
	descarni	68		0,661
	pell seca	47		0,671
	Sig.			0,165
Waller-Duncan	fusta seca	75	0,595	
	os	231	0,625	0,625
	pell fresca	18	0,631	0,631
	fusta fresca	102	0,636	0,636
	petxina	159	0,642	0,642
	descarni	68		0,661
	pell seca	47		0,671

Taules A-8 – Síntesis dels resultats de les proves de comparacions múltiples per a atributs amb distribucions normals en la base de dades de texels de +1000 píxels:

Taula A-8-1 – Resultats de les proves de comparacions múltiples per a “mitja de la lluminositat”.

(I) Matèria treballada	(J) Matèria treballada	Diferència (I-J)	HSD de Tukey	DMS	T3 de Dunnett	Games-Howell
fusta seca	fusta fresca	-1,332	0,93	0,27	0,97	0,79
	os	0,726	0,99	0,49	1,00	0,99
	pell seca	-3,333	0,27	0,03	0,08	0,06
	pell fresca	3,645	0,59	0,08	0,67	0,48
	petxina	0,607	1,00	0,59	1,00	1,00
	descarni	-3,640	0,09	0,01	0,06	0,04
fusta fresca	fusta seca	1,332	0,93	0,27	0,97	0,79
	os	2,058	0,31	0,03	0,35	0,23
	pell seca	-2,000	0,79	0,16	0,73	0,50
	pell fresca	4,977	0,18	0,01	0,21	0,14
	petxina	1,939	0,47	0,06	0,40	0,26
	descarni	-2,308	0,52	0,07	0,61	0,41
os	fusta seca	-0,726	0,99	0,49	1,00	0,99
	fusta fresca	-2,058	0,31	0,03	0,35	0,23
	pell seca	-4,059	0,02	0,00	0,01	0,01
	pell fresca	2,919	0,75	0,14	0,89	0,70
	petxina	-0,119	1,00	0,88	1,00	1,00
	descarni	-4,366	0,00	0,00	0,01	0,00
pell seca	fusta seca	3,333	0,27	0,03	0,08	0,06
	fusta fresca	2,000	0,79	0,16	0,73	0,50
	os	4,059	0,02	0,00	0,01	0,01
	pell fresca	6,978	0,03	0,00	0,03	0,02
	petxina	3,939	0,05	0,00	0,01	0,01
	descarni	-0,307	1,00	0,84	1,00	1,00
pell fresca	fusta seca	-3,645	0,59	0,08	0,67	0,48
	fusta fresca	-4,977	0,18	0,01	0,21	0,14
	os	-2,919	0,75	0,14	0,89	0,70
	pell seca	-6,978	0,03	0,00	0,03	0,02
	petxina	-3,038	0,73	0,13	0,86	0,65
	descarni	-7,285	0,01	0,00	0,02	0,02
petxina	fusta seca	-0,607	1,00	0,59	1,00	1,00
	fusta fresca	-1,939	0,47	0,06	0,40	0,26
	os	0,119	1,00	0,88	1,00	1,00
	pell seca	-3,939	0,05	0,00	0,01	0,01
	pell fresca	3,038	0,73	0,13	0,86	0,65
	descarni	-4,247	0,00	0,00	0,01	0,00
descarni	fusta seca	3,640	0,09	0,01	0,06	0,04
	fusta fresca	2,308	0,52	0,07	0,61	0,41
	os	4,366	0,00	0,00	0,01	0,00
	pell seca	0,307	1,00	0,84	1,00	1,00
	pell fresca	7,285	0,01	0,00	0,02	0,02
	petxina	4,247	0,00	0,00	0,01	0,00

Taula A-8-2 – Resultats de les proves de comparacions múltiples per a “desviació estàndard de la lluminositat”.

(I) Matèria treballada	(J) Matèria treballada	Diferència (I-J)	HSD de Tukey	DMS	T3 de Dunnett	Games-Howell
fusta seca	fusta fresca	1,090	0,79	0,15	0,81	0,57
	os	-0,981	0,76	0,14	0,92	0,71
	pell seca	1,199	0,86	0,20	0,94	0,73
	pell fresca	-4,922	0,00	0,00	0,01	0,01
	petxina	-0,228	1,00	0,75	1,00	1,00
	descarni	-0,359	1,00	0,67	1,00	1,00
fusta fresca	fusta seca	-1,090	0,79	0,15	0,81	0,57
	os	-2,071	0,01	0,00	0,00	0,00
	pell seca	0,109	1,00	0,90	1,00	1,00
	pell fresca	-6,012	0,00	0,00	0,00	0,00
	petxina	-1,318	0,37	0,04	0,22	0,14
	descarni	-1,448	0,52	0,07	0,79	0,56
os	fusta seca	0,981	0,76	0,14	0,92	0,71
	fusta fresca	2,071	0,01	0,00	0,00	0,00
	pell seca	2,180	0,09	0,01	0,06	0,05
	pell fresca	-3,942	0,02	0,00	0,06	0,04
	petxina	0,753	0,77	0,15	0,97	0,79
	descarni	0,622	0,97	0,37	1,00	0,99
pell seca	fusta seca	-1,199	0,86	0,20	0,94	0,73
	fusta fresca	-0,109	1,00	0,90	1,00	1,00
	os	-2,180	0,09	0,01	0,06	0,05
	pell fresca	-6,121	0,00	0,00	0,00	0,00
	petxina	-1,427	0,61	0,09	0,61	0,41
	descarni	-1,558	0,66	0,10	0,88	0,65
pell fresca	fusta seca	4,922	0,00	0,00	0,01	0,01
	fusta fresca	6,012	0,00	0,00	0,00	0,00
	os	3,942	0,02	0,00	0,06	0,04
	pell seca	6,121	0,00	0,00	0,00	0,00
	petxina	4,695	0,00	0,00	0,01	0,01
	descarni	4,564	0,01	0,00	0,03	0,03
petxina	fusta seca	0,228	1,00	0,75	1,00	1,00
	fusta fresca	1,318	0,37	0,04	0,22	0,14
	os	-0,753	0,77	0,15	0,97	0,79
	pell seca	1,427	0,61	0,09	0,61	0,41
	pell fresca	-4,695	0,00	0,00	0,01	0,01
	descarni	-0,131	1,00	0,86	1,00	1,00
descarni	fusta seca	0,359	1,00	0,67	1,00	1,00
	fusta fresca	1,448	0,52	0,07	0,79	0,56
	os	-0,622	0,97	0,37	1,00	0,99
	pell seca	1,558	0,66	0,10	0,88	0,65
	pell fresca	-4,564	0,01	0,00	0,03	0,03
	petxina	0,131	1,00	0,86	1,00	1,00

Taula A-8.3 – Resultats de les proves de comparacions múltiples per a “moda de la lluminositat”.

(I) Matèria treballada	(J) Matèria treballada	Diferència (I-J)	HSD de Tukey	DMS	T3 de Dunnett	Games-Howell
fusta seca	fusta fresca	0,549	1,00	0,77	1,00	1,00
	os	-1,468	0,98	0,38	1,00	0,97
	pell seca	-6,938	0,05	0,00	0,00	0,00
	pell fresca	-8,187	0,17	0,01	0,00	0,00
	petxina	0,782	1,00	0,66	1,00	1,00
	descarni	-9,280	0,00	0,00	0,00	0,00
fusta fresca	fusta seca	-0,549	1,00	0,77	1,00	1,00
	os	-2,017	0,83	0,18	0,99	0,85
	pell seca	-7,487	0,01	0,00	0,00	0,00
	pell fresca	-8,735	0,09	0,01	0,00	0,00
	petxina	0,233	1,00	0,88	1,00	1,00
	descarni	-9,828	0,00	0,00	0,00	0,00
os	fusta seca	1,468	0,98	0,38	1,00	0,97
	fusta fresca	2,017	0,83	0,18	0,99	0,85
	pell seca	-5,470	0,09	0,01	0,00	0,00
	pell fresca	-6,719	0,31	0,03	0,00	0,00
	petxina	2,250	0,59	0,08	0,94	0,73
	descarni	-7,812	0,00	0,00	0,00	0,00
pell seca	fusta seca	6,938	0,05	0,00	0,00	0,00
	fusta fresca	7,487	0,01	0,00	0,00	0,00
	os	5,470	0,09	0,01	0,00	0,00
	pell fresca	-1,248	1,00	0,72	1,00	0,95
	petxina	7,720	0,00	0,00	0,00	0,00
	descarni	-2,341	0,96	0,33	0,34	0,23
pell fresca	fusta seca	8,187	0,17	0,01	0,00	0,00
	fusta fresca	8,735	0,09	0,01	0,00	0,00
	os	6,719	0,31	0,03	0,00	0,00
	pell seca	1,248	1,00	0,72	1,00	0,95
	petxina	8,969	0,06	0,00	0,00	0,00
	descarni	-1,093	1,00	0,74	0,99	0,90
petxina	fusta seca	-0,782	1,00	0,66	1,00	1,00
	fusta fresca	-0,233	1,00	0,88	1,00	1,00
	os	-2,250	0,59	0,08	0,94	0,73
	pell seca	-7,720	0,00	0,00	0,00	0,00
	pell fresca	-8,969	0,06	0,00	0,00	0,00
	descarni	-10,062	0,00	0,00	0,00	0,00
descarni	fusta seca	9,280	0,00	0,00	0,00	0,00
	fusta fresca	9,828	0,00	0,00	0,00	0,00
	os	7,812	0,00	0,00	0,00	0,00
	pell seca	2,341	0,96	0,33	0,34	0,23
	pell fresca	1,093	1,00	0,74	0,99	0,90
	petxina	10,062	0,00	0,00	0,00	0,00

Taula A-8.4 – Resultats de les proves de comparacions múltiples per a “luminositat mínima”.

(I) Matèria treballada	(J) Matèria treballada	Diferència (I-J)	HSD de Tukey	DMS	T3 de Dunnett	Games-Howell
fusta seca	fusta fresca	-2,229	1,00	0,58	1,00	1,00
	os	4,952	0,80	0,16	0,96	0,76
	pell seca	0,114	1,00	0,98	1,00	1,00
	pell fresca	25,376	0,01	0,00	0,00	0,00
	petxina	3,219	0,98	0,39	1,00	0,97
	descarni	11,001	0,17	0,01	0,29	0,19
fusta fresca	fusta seca	2,229	1,00	0,58	1,00	1,00
	os	7,181	0,26	0,02	0,31	0,20
	pell seca	2,343	1,00	0,62	1,00	1,00
	pell fresca	27,605	0,00	0,00	0,00	0,00
	petxina	5,448	0,67	0,11	0,81	0,57
	descarni	13,230	0,02	0,00	0,05	0,03
os	fusta seca	-4,952	0,80	0,16	0,96	0,76
	fusta fresca	-7,181	0,26	0,02	0,31	0,20
	pell seca	-4,838	0,92	0,26	1,00	0,92
	pell fresca	20,424	0,03	0,00	0,00	0,00
	petxina	-1,733	1,00	0,53	1,00	1,00
	descarni	6,049	0,65	0,10	0,95	0,75
pell seca	fusta seca	-0,114	1,00	0,98	1,00	1,00
	fusta fresca	-2,343	1,00	0,62	1,00	1,00
	os	4,838	0,92	0,26	1,00	0,92
	pell fresca	25,261	0,01	0,00	0,00	0,00
	petxina	3,105	0,99	0,48	1,00	0,99
	descarni	10,887	0,32	0,03	0,57	0,38
pell fresca	fusta seca	-25,376	0,01	0,00	0,00	0,00
	fusta fresca	-27,605	0,00	0,00	0,00	0,00
	os	-20,424	0,03	0,00	0,00	0,00
	pell seca	-25,261	0,01	0,00	0,00	0,00
	petxina	-22,156	0,01	0,00	0,00	0,00
	descarni	-14,374	0,39	0,04	0,13	0,09
petxina	fusta seca	-3,219	0,98	0,39	1,00	0,97
	fusta fresca	-5,448	0,67	0,11	0,81	0,57
	os	1,733	1,00	0,53	1,00	1,00
	pell seca	-3,105	0,99	0,48	1,00	0,99
	pell fresca	22,156	0,01	0,00	0,00	0,00
	descarni	7,782	0,40	0,04	0,71	0,49
descarni	fusta seca	-11,001	0,17	0,01	0,29	0,19
	fusta fresca	-13,230	0,02	0,00	0,05	0,03
	os	-6,049	0,65	0,10	0,95	0,75
	pell seca	-10,887	0,32	0,03	0,57	0,38
	pell fresca	14,374	0,39	0,04	0,13	0,09
	petxina	-7,782	0,40	0,04	0,71	0,49

Taula A-8.5 – Resultats de les proves de comparacions múltiples per a “quadratura”.

(I) Matèria treballada	(J) Matèria treballada	Diferència (I-J)	HSD de Tukey	DMS	T3 de Dunnett	Games-Howell
fusta seca	fusta fresca	-0,336	0,93	0,28	1,00	0,93
	os	0,367	0,82	0,18	0,99	0,86
	pell seca	-1,104	0,05	0,00	0,24	0,16
	pell fresca	-1,336	0,16	0,01	0,02	0,01
	petxina	0,072	1,00	0,80	1,00	1,00
	descarni	-0,529	0,71	0,12	0,96	0,76
fusta fresca	fusta seca	0,336	0,93	0,28	1,00	0,93
	os	0,703	0,06	0,00	0,06	0,04
	pell seca	-0,768	0,33	0,03	0,72	0,49
	pell fresca	-1,000	0,46	0,05	0,11	0,08
	petxina	0,408	0,69	0,11	0,83	0,58
	descarni	-0,192	1,00	0,55	1,00	1,00
os	fusta seca	-0,367	0,82	0,18	0,99	0,86
	fusta fresca	-0,703	0,06	0,00	0,06	0,04
	pell seca	-1,471	0,00	0,00	0,01	0,01
	pell fresca	-1,703	0,01	0,00	0,00	0,00
	petxina	-0,295	0,80	0,16	0,95	0,75
	descarni	-0,895	0,02	0,00	0,07	0,05
pell seca	fusta seca	1,104	0,05	0,00	0,24	0,16
	fusta fresca	0,768	0,33	0,03	0,72	0,49
	os	1,471	0,00	0,00	0,01	0,01
	pell fresca	-0,232	1,00	0,68	1,00	1,00
	petxina	1,177	0,01	0,00	0,07	0,05
	descarni	0,576	0,75	0,14	0,99	0,86
pell fresca	fusta seca	1,336	0,16	0,01	0,02	0,01
	fusta fresca	1,000	0,46	0,05	0,11	0,08
	os	1,703	0,01	0,00	0,00	0,00
	pell seca	0,232	1,00	0,68	1,00	1,00
	petxina	1,408	0,08	0,01	0,00	0,00
	descarni	0,808	0,75	0,13	0,56	0,38
petxina	fusta seca	-0,072	1,00	0,80	1,00	1,00
	fusta fresca	-0,408	0,69	0,11	0,83	0,58
	os	0,295	0,80	0,16	0,95	0,75
	pell seca	-1,177	0,01	0,00	0,07	0,05
	pell fresca	-1,408	0,08	0,01	0,00	0,00
	descarni	-0,601	0,39	0,04	0,61	0,41
descarni	fusta seca	0,529	0,71	0,12	0,96	0,76
	fusta fresca	0,192	1,00	0,55	1,00	1,00
	os	0,895	0,02	0,00	0,07	0,05
	pell seca	-0,576	0,75	0,14	0,99	0,86
	pell fresca	-0,808	0,75	0,13	0,56	0,38
	petxina	0,601	0,39	0,04	0,61	0,41

Taula A-8-6 – Resultats de les proves de comparacions múltiples per a “rectangularitat A”.

(I) Matèria treballada	(J) Matèria treballada	Diferència (I-J)	HSD de Tukey	DMS	T3 de Dunnett	Games-Howell
fusta seca	fusta fresca	-0,019	0,45	0,05	0,60	0,39
	os	0,004	1,00	0,63	1,00	1,00
	pell seca	-0,052	0,00	0,00	0,01	0,01
	pell fresca	-0,040	0,23	0,02	0,20	0,14
	petxina	-0,012	0,82	0,17	0,94	0,73
	descarni	-0,030	0,10	0,01	0,13	0,09
fusta fresca	fusta seca	0,019	0,45	0,05	0,60	0,39
	os	0,023	0,04	0,00	0,07	0,05
	pell seca	-0,033	0,06	0,00	0,33	0,22
	pell fresca	-0,020	0,88	0,22	0,96	0,80
	petxina	0,007	0,98	0,41	1,00	0,98
	descarni	-0,010	0,95	0,31	1,00	0,96
os	fusta seca	-0,004	1,00	0,63	1,00	1,00
	fusta fresca	-0,023	0,04	0,00	0,07	0,05
	pell seca	-0,057	0,00	0,00	0,00	0,00
	pell fresca	-0,044	0,09	0,01	0,08	0,06
	petxina	-0,017	0,17	0,01	0,18	0,12
	descarni	-0,034	0,00	0,00	0,01	0,01
pell seca	fusta seca	0,052	0,00	0,00	0,01	0,01
	fusta fresca	0,033	0,06	0,00	0,33	0,22
	os	0,057	0,00	0,00	0,00	0,00
	pell fresca	0,013	0,99	0,48	1,00	0,99
	petxina	0,040	0,00	0,00	0,07	0,05
	descarni	0,023	0,51	0,06	0,93	0,72
pell fresca	fusta seca	0,040	0,23	0,02	0,20	0,14
	fusta fresca	0,020	0,88	0,22	0,96	0,80
	os	0,044	0,09	0,01	0,08	0,06
	pell seca	-0,013	0,99	0,48	1,00	0,99
	petxina	0,027	0,63	0,09	0,66	0,47
	descarni	0,010	1,00	0,56	1,00	0,99
petxina	fusta seca	0,012	0,82	0,17	0,94	0,73
	fusta fresca	-0,007	0,98	0,41	1,00	0,98
	os	0,017	0,17	0,01	0,18	0,12
	pell seca	-0,040	0,00	0,00	0,07	0,05
	pell fresca	-0,027	0,63	0,09	0,66	0,47
	descarni	-0,017	0,54	0,07	0,81	0,57
descarni	fusta seca	0,030	0,10	0,01	0,13	0,09
	fusta fresca	0,010	0,95	0,31	1,00	0,96
	os	0,034	0,00	0,00	0,01	0,01
	pell seca	-0,023	0,51	0,06	0,93	0,72
	pell fresca	-0,010	1,00	0,56	1,00	0,99
	petxina	0,017	0,54	0,07	0,81	0,57

Taula A-8.7 – Resultats de les proves de comparacions múltiples per a “compacitat B”.

(I) Matèria treballada	(J) Matèria treballada	Diferència (I-J)	HSD de Tukey	DMS	T3 de Dunnett	Games-Howell
fusta seca	fusta fresca	-0,042	0,34	0,03	0,63	0,42
	os	-0,030	0,58	0,08	0,92	0,71
	pell seca	-0,076	0,03	0,00	0,04	0,03
	pell fresca	-0,036	0,94	0,29	1,00	0,96
	petxina	-0,047	0,13	0,01	0,26	0,18
	descarni	-0,067	0,03	0,00	0,06	0,04
fusta fresca	fusta seca	0,042	0,34	0,03	0,63	0,42
	os	0,012	0,99	0,45	1,00	0,99
	pell seca	-0,034	0,74	0,13	0,88	0,65
	pell fresca	0,006	1,00	0,86	1,00	1,00
	petxina	-0,005	1,00	0,75	1,00	1,00
	descarni	-0,025	0,88	0,21	0,98	0,84
os	fusta seca	0,030	0,58	0,08	0,92	0,71
	fusta fresca	-0,012	0,99	0,45	1,00	0,99
	pell seca	-0,046	0,28	0,03	0,31	0,21
	pell fresca	-0,006	1,00	0,85	1,00	1,00
	petxina	-0,017	0,86	0,20	0,99	0,84
	descarni	-0,037	0,38	0,04	0,48	0,31
pell seca	fusta seca	0,076	0,03	0,00	0,04	0,03
	fusta fresca	0,034	0,74	0,13	0,88	0,65
	os	0,046	0,28	0,03	0,31	0,21
	pell fresca	0,040	0,92	0,26	1,00	0,93
	petxina	0,029	0,83	0,18	0,93	0,72
	descarni	0,009	1,00	0,71	1,00	1,00
pell fresca	fusta seca	0,036	0,94	0,29	1,00	0,96
	fusta fresca	-0,006	1,00	0,86	1,00	1,00
	os	0,006	1,00	0,85	1,00	1,00
	pell seca	-0,040	0,92	0,26	1,00	0,93
	petxina	-0,011	1,00	0,73	1,00	1,00
	descarni	-0,031	0,97	0,37	1,00	0,98
petxina	fusta seca	0,047	0,13	0,01	0,26	0,18
	fusta fresca	0,005	1,00	0,75	1,00	1,00
	os	0,017	0,86	0,20	0,99	0,84
	pell seca	-0,029	0,83	0,18	0,93	0,72
	pell fresca	0,011	1,00	0,73	1,00	1,00
	descarni	-0,020	0,94	0,29	1,00	0,90
descarni	fusta seca	0,067	0,03	0,00	0,06	0,04
	fusta fresca	0,025	0,88	0,21	0,98	0,84
	os	0,037	0,38	0,04	0,48	0,31
	pell seca	-0,009	1,00	0,71	1,00	1,00
	pell fresca	0,031	0,97	0,37	1,00	0,98
	petxina	0,020	0,94	0,29	1,00	0,90

Taules A-9 – Ordenacions de diferències entre matèries treballades segons els testos de comparacions múltiples:

A-9-1 – Per a mitja de la lluminositat.

Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os	Pell fresca
	0,307	2,306	3,640	4,247	4,366	7,285
Pell fresca	Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	2,919	3,038	3,645	4,977	6,978	7,285
Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os	Pell fresca
	0,307	2,000	3,333	3,939	4,059	6,978
Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Pell seca	Os	Descarni	Pell fresca
	1,332	1,939	2,000	2,058	2,308	4,977
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell seca	Descarni	Pell fresca
	0,607	0,726	1,332	3,333	3,640	3,645
Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	0,119	0,726	2,058	2,919	4,059	4,366
Petxina	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	0,119	0,607	1,939	3,038	3,939	4,247

A-9-2 – Per a desviació estàndard de la lluminositat.

Descarni	Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca
	0,131	0,359	0,622	1,448	1,558	4,564
Pell fresca	Os	Descarni	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca
	3,942	4,564	4,695	4,922	6,012	6,121
Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Descarni	Os	Pell fresca
	0,109	1,199	1,427	1,558	2,180	6,121
Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Descarni	Os	Pell fresca
	0,109	1,090	1,318	1,448	2,071	6,012
Fusta seca	Petxina	Descarni	Os	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca
	0,228	0,359	0,981	1,090	1,199	4,922
Os	Descarni	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca
	0,622	0,753	0,981	2,071	2,180	3,942
Petxina	Descarni	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca
	0,131	0,228	0,753	1,318	1,427	4,695

A-9-3 – Per a moda de la lluminositat.

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina
	1,093	2,341	7,812	9,28	9,828	10,062
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina
	1,093	1,248	6,719	8,187	8,735	8,969
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina
	1,248	2,341	5,47	6,938	7,487	7,72
Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	0,233	0,549	2,017	7,487	8,735	9,828
Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	0,549	0,782	1,468	6,938	8,187	9,28
Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	1,468	2,017	2,25	5,47	6,719	7,812
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	0,233	0,782	2,25	7,72	8,969	10,062

A-9-4 – Per a lluminositat mínima.

Descarni	Os	Petxina	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca
	6,049	7,782	10,887	11,001	13,230	14,374
Pell fresca	Descarni	Os	Petxina	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca
	14,374	20,424	22,156	25,261	25,376	27,605
Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os	Descarni	Pell fresca
	0,114	2,343	3,105	4,838	10,887	25,261
Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Petxina	Os	Descarni	Pell fresca
	2,229	2,343	5,448	7,181	13,230	27,605
Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Os	Descarni	Pell fresca
	0,114	2,229	3,219	4,952	11,001	25,376
Os	Petxina	Pell seca	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Pell fresca
	1,733	4,838	4,952	6,049	7,181	20,424
Petxina	Os	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca
	1,733	3,105	3,219	5,448	7,782	22,156

A-9-5 – Per a quadratura.

Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Os
	0,192	0,529	0,576	0,601	0,808	0,895
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	0,232	0,808	1,000	1,336	1,408	1,703
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	0,232	0,576	0,768	1,104	1,177	1,471
Fusta fresca	Descarni	Fusta seca	Petxina	Os	Pell seca	Pell fresca
	0,192	0,336	0,408	0,703	0,768	1,000
Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Os	Descarni	Pell seca	Pell fresca
	0,072	0,336	0,367	0,529	1,104	1,336
Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Descarni	Pell seca	Pell fresca
	0,295	0,367	0,703	0,895	1,471	1,703
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Descarni	Pell seca	Pell fresca
	0,072	0,295	0,408	0,601	1,177	1,408

A-9-6 – Per a rectangularitat A.

Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Pell seca	Fusta seca	Os
	0,010	0,010	0,017	0,023	0,030	0,034
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	0,010	0,013	0,020	0,027	0,040	0,044
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	0,013	0,023	0,033	0,040	0,052	0,057
Fusta fresca	Petxina	Descarni	Fusta seca	Pell fresca	Os	Pell seca
	0,007	0,010	0,019	0,020	0,023	0,033
Fusta seca	Os	Petxina	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca	Pell seca
	0,004	0,012	0,019	0,030	0,040	0,052
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca	Pell seca
	0,004	0,017	0,023	0,034	0,044	0,057
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Descarni	Pell fresca	Pell seca
	0,007	0,012	0,017	0,017	0,027	0,040

A.9.7 – Per a compacitat B.

Descarni	Pell seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Os	Fusta seca
	0,009	0,020	0,025	0,031	0,037	0,067
Pell fresca	Os	Fusta fresca	Petxina	Descarni	Fusta seca	Pell seca
	0,006	0,006	0,011	0,031	0,036	0,040
Pell seca	Descarni	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Os	Fusta seca
	0,009	0,029	0,034	0,040	0,046	0,076
Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca
	0,005	0,006	0,012	0,025	0,034	0,042
Fusta seca	Os	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Descarni	Pell seca
	0,030	0,036	0,042	0,047	0,067	0,076
Os	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Descarni	Pell seca
	0,006	0,012	0,017	0,030	0,037	0,046
Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca
	0,005	0,011	0,017	0,020	0,029	0,047

Taules A-10 – Matrius sintètiques dels resultats de la U de Mann-Whitney:

Taules A-10.1 – Per a Àrea i Diàmetre Feret:

Taules A-10.1.1 – Per al total dels téxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	81,96	202,8	619,66	394,74	1150,45	977,68
Pell fresca	81,96	-	204,64	328,43	185,31	709,39	518,05
Pell seca	202,8	204,64	-	721,44	524,21	1249,82	1009,27
Fusta fresca	619,66	328,43	721,44	-	189,1	350,98	339
Fusta seca	394,74	185,31	524,21	189,1	-	585,15	505,74
Os	1150,45	709,39	1249,82	350,98	585,15	-	119,09
Petxina	977,68	518,05	1009,27	339	505,74	119,09	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	81,96	202,8	394,74	619,66	977,68	1150,45
Pell fresca	Descarni	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	81,96	185,31	204,64	328,43	518,05	709,39
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	202,8	204,64	524,21	721,44	1009,27	1249,82
Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Petxina	Os	Descarni	Pell seca
	189,1	328,43	339	350,98	619,66	721,44
Fusta seca	Pell fresca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Pell seca	Os
	185,31	189,1	394,74	505,74	524,21	585,15
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	119,09	350,98	585,15	709,39	1150,45	1249,82
Petxina	Os	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	119,09	339	505,74	518,05	977,68	1009,27

Taules A.10.1.2 – Per al conjunt de téxels de –51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	64,82	174,09	48,47	142,85	223,39	165,43
Pell fresca	64,82	-	56,02	76,76	137,96	209,19	130,64
Pell seca	174,09	56,02	-	183,03	273,26	372,43	268,42
Fusta fresca	48,47	76,76	183,03	-	73,44	133,68	91,9
Fusta seca	142,85	137,96	273,26	73,44	-	48,6	33,84
Os	223,39	209,19	372,43	133,68	48,6	-	0,22
Petxina	165,43	130,64	268,42	91,9	33,84	0,22	-

Descarni	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Petxina	Pell seca	Os
	48,47	64,82	142,85	165,43	174,09	223,39
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	56,02	64,82	76,76	130,64	137,96	209,19
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	56,02	174,09	183,03	268,42	273,26	372,43
Fusta fresca	Descarni	Fusta seca	Pell fresca	Petxina	Os	Pell seca
	48,47	73,44	76,76	91,9	133,68	183,03
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	33,84	48,6	73,44	137,96	142,85	273,26
Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	0,22	48,6	133,68	209,19	223,39	372,43
Petxina	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	0,22	33,84	91,9	130,64	165,43	268,42

Taules A.10.1.3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	63,94	20,4	27,47	41,45	77,49	59,99
Pell fresca	63,94	-	43,92	34,43	25,68	15,03	6,81
Pell seca	20,4	43,92	-	8,06	20,51	50,99	39,43
Fusta fresca	27,47	34,43	8,06	-	11,89	39,31	30,76
Fusta seca	41,45	25,68	20,51	11,89	-	23,91	20,04
Os	77,49	15,03	50,99	39,31	23,91	-	5,74
Petxina	59,99	6,81	39,43	30,76	20,04	5,74	-

Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Os
	20,4	27,47	41,45	59,99	63,94	77,49
Pell fresca	Petxina	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	6,81	15,03	25,68	34,43	43,92	63,94
Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Os
	8,06	20,4	20,51	39,43	43,92	50,99
Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Descarni	Petxina	Pell fresca	Os
	8,06	11,89	27,47	30,76	34,43	39,31
Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell seca	Os	Pell fresca	Descarni
	11,89	20,04	20,51	23,91	25,68	41,45
Os	Petxina	Pell fresca	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	5,74	15,03	23,91	39,31	50,99	77,49
Petxina	Os	Pell fresca	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	5,74	6,81	20,04	30,76	39,43	59,99

Taules A.10.1.4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	12,89	18,85	52,32	32,07	126,12	83,16
Pell fresca	12,89	-	1,21	23,96	10,83	79,65	43,74
Pell seca	18,85	1,21	-	27,97	12,6	91,87	56,39
Fusta fresca	52,32	23,96	27,97	-	13,64	60,71	35,98
Fusta seca	32,07	10,83	12,6	13,64	-	72,33	42,93
Os	126,12	79,65	91,87	60,71	72,33	-	8,92
Petxina	83,16	43,74	56,39	35,98	42,93	8,92	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	12,89	18,85	32,07	52,32	83,16	126,12
Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os
	1,21	10,83	12,89	23,96	43,74	79,65
Pell seca	Pell fresca	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os
	1,21	12,6	18,85	27,97	56,39	91,87
Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Petxina	Descarni	Os
	13,64	23,96	27,97	35,98	52,32	60,71
Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os
	10,83	12,6	13,64	32,07	42,93	72,33
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	8,92	60,71	72,33	79,65	91,87	126,12
Petxina	Os	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	8,92	35,98	42,93	43,74	56,39	83,16

Taules A.10.1.5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	1,97	4,16	3,5	3,76	32,31	11,92
Pell fresca	1,97	-	4,54	5,49	5,54	35,99	15,27
Pell seca	4,16	4,54	-	3,34	0,52	22,52	6,13
Fusta fresca	3,5	5,49	3,34	-	1,78	33,33	12,31
Fusta seca	3,76	5,54	0,52	1,78	-	25,39	7,55
Os	32,31	35,99	22,52	33,33	25,39	-	17,44
Petxina	11,92	15,27	6,13	12,31	7,55	17,44	-

Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Petxina	Os
	1,97	3,5	3,76	4,16	11,92	32,31
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	1,97	4,54	5,49	5,54	15,27	35,99
Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca	Petxina	Os
	0,52	3,34	4,16	4,54	6,13	22,52
Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni	Pell fresca	Petxina	Os
	1,78	3,34	3,5	5,49	12,31	33,33
Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca	Petxina	Os
	0,52	1,78	3,76	5,54	7,55	25,39
Os	Petxina	Pell seca	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Pell fresca
	17,44	22,52	25,39	32,31	33,33	35,99
Petxina	Pell seca	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Pell fresca	Os
	6,13	7,55	11,92	12,31	15,27	17,44

Taules A-10-2 – Per a Mitja de la Lluminositat:

Taules A-10-2-1 – Per al total dels téxels

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	407,99	2928,46	3244	2980,21	3297,52	3433,1
Pell fresca	407,99	-	2524,38	2567,37	2402,95	2809,34	2396,87
Pell seca	2928,46	2524,38	-	574,05	396,65	482,53	1319,26
Fusta fresca	3244	2567,37	574,05	-	159,2	141,46	742,6
Fusta seca	2980,21	2402,95	396,65	159,2	-	82,92	886,14
Os	3297,52	2809,34	482,53	141,46	82,92	-	926,52
Petxina	3433,1	2396,87	1319,26	742,6	886,14	926,52	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Os	Petxina
	407,99	2928,46	2980,21	3244	3297,52	3433,1
Pell fresca	Descarni	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Os
	407,99	2396,87	2402,95	2524,38	2567,37	2809,34
Pell seca	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	396,65	482,53	574,05	1319,26	2524,38	2928,46
Fusta fresca	Os	Fusta seca	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	141,46	159,2	574,05	742,6	2567,37	3244
Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	82,92	159,2	396,65	886,14	2402,95	2980,21
Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	82,92	141,46	482,53	926,52	2809,34	3297,52
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	742,6	886,14	926,52	1319,26	2396,87	3433,1

Taules A-10-2-2 – Per al conjunt de téxels de -51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	227,7	2621,99	2911,61	2701,96	2935,1	3083,34
Pell fresca	227,7	-	2099,84	2130,85	2016,79	2301,67	1997,48
Pell seca	2621,99	2099,84	-	593,93	441,51	484,65	1251,74
Fusta fresca	2911,61	2130,85	593,93	-	133,81	138,86	653,42
Fusta seca	2701,96	2016,79	441,51	133,81	-	49,37	779,06
Os	2935,1	2301,67	484,65	138,86	49,37	-	821
Petxina	3083,34	1997,48	1251,74	653,42	779,06	821	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Os	Petxina
	227,7	2621,99	2701,96	2911,61	2935,1	3083,34
Pell fresca	Descarni	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Os
	227,7	1997,48	2016,79	2099,84	2130,85	2301,67
Pell seca	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	441,51	484,65	593,93	1251,74	2099,84	2621,99
Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	133,81	138,86	593,93	653,42	2130,85	2911,61
Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	49,37	133,81	441,51	779,06	2016,79	2701,96
Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	49,37	138,86	484,65	821	2301,67	2935,1
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	653,42	779,06	821	1251,74	1997,48	3083,34

Taules A.10-2-3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	91,85	207,24	237,91	222,42	332,26	310,87
Pell fresca	91,85	-	260,79	275,6	266,26	373,93	292,14
Pell seca	207,24	260,79	-	30,62	36,45	121,02	152,39
Fusta fresca	237,91	275,6	30,62	-	7,65	82,18	122,01
Fusta seca	222,42	266,26	36,45	7,65	-	86,28	120,16
Os	332,26	373,93	121,02	82,18	86,28	-	66,37
Petxina	310,87	292,14	152,39	122,01	120,16	66,37	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	91,85	207,24	222,42	237,91	310,87	332,26
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	91,85	260,79	266,26	275,6	292,14	373,93
Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Descarni	Pell fresca
	30,62	36,45	121,02	152,39	207,24	260,79
Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Os	Petxina	Descarni	Pell fresca
	7,65	30,62	82,18	122,01	237,91	275,6
Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Os	Petxina	Descarni	Pell fresca
	7,65	36,45	86,28	120,16	222,42	266,26
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni	Pell fresca
	66,37	82,18	86,28	121,02	332,26	373,93
Petxina	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	66,37	120,16	122,01	152,39	292,14	310,87

Taules A.10-2-4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	42,75	116,71	203,93	132,46	186,98	221,98
Pell fresca	42,75	-	134,44	208,56	152,05	214,13	200,76
Pell seca	116,71	134,44	-	81,88	23,35	55,09	131,99
Fusta fresca	203,93	208,56	81,88	-	58,58	41,65	68,02
Fusta seca	132,46	152,05	23,35	58,58	-	34,86	116,64
Os	186,98	214,13	55,09	41,65	34,86	-	107,56
Petxina	221,98	200,76	131,99	68,02	116,64	107,56	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Petxina
	42,75	116,71	132,46	186,98	203,93	221,98
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Os
	42,75	134,44	152,05	200,76	208,56	214,13
Pell seca	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Pell fresca
	23,35	55,09	81,88	116,71	131,99	134,44
Fusta fresca	Os	Fusta seca	Petxina	Pell seca	Descarni	Pell fresca
	41,65	58,58	68,02	81,88	203,93	208,56
Fusta seca	Pell seca	Os	Fusta fresca	Petxina	Descarni	Pell fresca
	23,35	34,86	58,58	116,64	132,46	152,05
Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Descarni	Pell fresca
	34,86	41,65	55,09	107,56	186,98	214,13
Petxina	Fusta fresca	Os	Fusta seca	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	68,02	107,56	116,64	131,99	200,76	221,98

Taules A.10-2.5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	22,63	3,4	17,92	21,62	41,92	37,49
Pell fresca	22,63	-	18,52	23,6	13,29	19,64	17,07
Pell seca	3,4	18,52	-	14,89	19,03	40,32	35,2
Fusta fresca	17,92	23,6	14,89	-	10,48	26,09	24,36
Fusta seca	21,62	13,29	19,03	10,48	-	10,7	9,05
Os	41,92	19,64	40,32	26,09	10,7	-	1,74
Petxina	37,49	17,07	35,2	24,36	9,05	1,74	-

Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Petxina	Os
	3,4	17,92	21,62	22,63	37,49	41,92
Pell fresca	Fusta seca	Petxina	Pell seca	Os	Descarni	Fusta fresca
	13,29	17,07	18,52	19,64	22,63	23,6
Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	3,4	14,89	18,52	19,03	35,2	40,32
Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni	Pell fresca	Petxina	Os
	10,48	14,89	17,92	23,6	24,36	26,09
Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Os	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	9,05	10,48	10,7	13,29	19,03	21,62
Os	Petxina	Fusta seca	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	1,74	10,7	19,64	26,09	40,32	41,92
Petxina	Os	Fusta seca	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	1,74	9,05	17,07	24,36	35,2	37,49

Taules A.10-3 – Per a Desviació Estàndard de la Lluminositat:

Taules A.10-3-1 – Per al total dels téxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	30,31	4059,39	4954,58	4473,54	4191,22	4440,62
Pell fresca	30,31	-	3021,19	3497,22	3172,3	3141,78	2834,36
Pell seca	4059,39	3021,19	-	1295,39	918,4	183,24	1471,25
Fusta fresca	4954,58	3497,22	1295,39	-	308,89	1113,2	393,84
Fusta seca	4473,54	3172,3	918,4	308,89	-	688,54	662,22
Os	4191,22	3141,78	183,24	1113,2	688,54	-	1311,54
Petxina	4440,62	2834,36	1471,25	393,84	662,22	1311,54	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca
	30,31	4059,39	4191,22	4440,62	4473,54	4954,58
Pell fresca	Descarni	Petxina	Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca
	30,31	2834,36	3021,19	3141,78	3172,3	3497,22
Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	183,24	918,4	1295,39	1471,25	3021,19	4059,39
Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	308,89	393,84	1113,2	1295,39	3497,22	4954,58
Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	308,89	662,22	688,54	918,4	3172,3	4473,54
Os	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	183,24	688,54	1113,2	1311,54	3141,78	4191,22
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	393,84	662,22	1311,54	1471,25	2834,36	4440,62

Taules A.10-3-2 – Per al conjunt de téxels de –51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	67,22	3527,4	4174,57	3806,93	3538,77	3788,59
Pell fresca	67,22	-	2491,71	2781,22	2559,41	2488,15	2278,73
Pell seca	3527,4	2491,71	-	1073,73	770,48	183,59	1314,42
Fusta fresca	4174,57	2781,22	1073,73	-	250,98	853,98	402,65
Fusta seca	3806,93	2559,41	770,48	250,98	-	521,5	618,39
Os	3538,77	2488,15	183,59	853,98	521,5	-	1095,55
Petxina	3788,59	2278,73	1314,42	402,65	618,39	1095,55	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca
	67,22	3527,4	3538,77	3788,59	3806,93	4174,57
Pell fresca	Descarni	Petxina	Os	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca
	67,22	2278,73	2488,15	2491,71	2559,41	2781,22
Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	183,59	770,48	1073,73	1314,42	2491,71	3527,4
Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	250,98	402,65	853,98	1073,73	2781,22	4174,57
Fusta seca	Fusta fresca	Os	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	250,98	521,5	618,39	770,48	2559,41	3806,93
Os	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	183,59	521,5	853,98	1095,55	2488,15	3538,77
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	402,65	618,39	1095,55	1314,42	2278,73	3788,59

Taules A.10-3-3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	54,56	322,37	443,74	404,32	441,79	425,81
Pell fresca	54,56	-	324,52	419,93	379,02	432,33	357,3
Pell seca	322,37	324,52	-	147,68	127,53	109,4	177,98
Fusta fresca	443,74	419,93	147,68	-	4,47	41,27	61,17
Fusta seca	404,32	379,02	127,53	4,47	-	16,86	72,53
Os	441,79	432,33	109,4	41,27	16,86	-	104,29
Petxina	425,81	357,3	177,98	61,17	72,53	104,29	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca
	54,56	322,37	404,32	425,81	441,79	443,74
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Os
	54,56	324,52	357,3	379,02	419,93	432,33
Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Descarni	Pell fresca
	109,4	127,53	147,68	177,98	322,37	324,52
Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	4,47	41,27	61,17	147,68	419,93	443,74
Fusta seca	Fusta fresca	Os	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	4,47	16,86	72,53	127,53	379,02	404,32
Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	16,86	41,27	104,29	109,4	432,33	441,79
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	61,17	72,53	104,29	177,98	357,3	425,81

Taules A.10-3-4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	1,49	217,01	383,94	298,85	323,85	337,96
Pell fresca	1,49	-	180,83	333,37	256,64	282,76	264,06
Pell seca	217,01	180,83	-	194,97	115,97	59,72	169,95
Fusta fresca	383,94	333,37	194,97	-	73,86	157,69	19,96
Fusta seca	298,85	256,64	115,97	73,86	-	64,45	79,99
Os	323,85	282,76	59,72	157,69	64,45	-	152,24
Petxina	337,96	264,06	169,95	19,96	79,99	152,24	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Os	Petxina	Fusta fresca
	1,49	217,01	298,85	323,85	337,96	383,94
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca
	1,49	180,83	256,64	264,06	282,76	333,37
Pell seca	Os	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Fusta fresca	Descarni
	59,72	115,97	169,95	180,83	194,97	217,01
Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	19,96	73,86	157,69	194,97	333,37	383,94
Fusta seca	Os	Fusta fresca	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	64,45	73,86	79,99	115,97	256,64	298,85
Os	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni
	59,72	64,45	152,24	157,69	282,76	323,85
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	19,96	79,99	152,24	169,95	264,06	337,96

Taules A.10-3-5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	18,69	9,05	12,87	2,84	12,53	0,4
Pell fresca	18,69	-	21,74	42,42	27,21	44,8	45,95
Pell seca	9,05	21,74	-	0,82	8,41	39,35	21,1
Fusta fresca	12,87	42,42	0,82	-	13,26	47,9	28,84
Fusta seca	2,84	27,21	8,41	13,26	-	26,51	8,89
Os	12,53	44,8	39,35	47,9	26,51	-	22,68
Petxina	0,4	45,95	21,1	28,84	8,89	22,68	-

Descarni	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca
	0,4	2,84	9,05	12,53	12,87	18,69
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Os	Petxina
	18,69	21,74	27,21	42,42	44,8	45,95
Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Descarni	Petxina	Pell fresca	Os
	0,82	8,41	9,05	21,1	21,74	39,35
Fusta fresca	Pell seca	Descarni	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Os
	0,82	12,87	13,26	28,84	42,42	47,9
Fusta seca	Descarni	Pell seca	Petxina	Fusta fresca	Os	Pell fresca
	2,84	8,41	8,89	13,26	26,51	27,21
Os	Descarni	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca
	12,53	22,68	26,51	39,35	44,8	47,9
Petxina	Descarni	Fusta seca	Pell seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca
	0,4	8,89	21,1	22,68	28,84	45,95

Taules A-10-4 – Per a Moda de la Lluminositat:

Taules A-10-4-1 – Per al total dels téxels

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	615,84	334,49	348,18	203,62	1621,93	1339,99
Pell fresca	615,84	-	828,68	740,54	657,55	1753,73	1202,9
Pell seca	334,49	828,68	-	9,38	110,99	1269,16	1041,91
Fusta fresca	348,18	740,54	9,38	-	108,96	1114,98	892,06
Fusta seca	203,62	657,55	110,99	108,96	-	1269,46	1001,01
Os	1621,93	1753,73	1269,16	1114,98	1269,46	-	94,76
Petxina	1339,99	1202,9	1041,91	892,06	1001,01	94,76	-

Descarni	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Pell fresca	Petxina	Os
	203,62	334,49	348,18	615,84	1339,99	1621,93
Pell fresca	Descarni	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Os
	615,84	657,55	740,54	828,68	1202,9	1753,73
Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Descarni	Pell fresca	Petxina	Os
	9,38	110,99	334,49	828,68	1041,91	1269,16
Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Descarni	Pell fresca	Petxina	Os
	9,38	108,96	348,18	740,54	892,06	1114,98
Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni	Pell fresca	Petxina	Os
	108,96	110,99	203,62	657,55	1001,01	1269,46
Os	Petxina	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Descarni	Pell fresca
	94,76	1114,98	1269,16	1269,46	1621,93	1753,73
Petxina	Os	Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	94,76	892,06	1001,01	1041,91	1202,9	1339,99

Taules A-10-4-2 – Per al conjunt de téxels de -51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	461,88	498,39	574,94	507,75	1346,66	1219,28
Pell fresca	461,88	-	796,4	745,41	716,02	1361,77	996,26
Pell seca	498,39	796,4	-	108,53	50,68	849,69	819,19
Fusta fresca	574,94	745,41	108,53	-	53,55	630,46	607,41
Fusta seca	507,75	716,02	50,68	53,55	-	709,78	668,37
Os	1346,66	1361,77	849,69	630,46	709,78	-	169,86
Petxina	1219,28	996,26	819,19	607,41	668,37	169,86	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	461,88	498,39	507,75	574,94	1219,28	1346,66
Pell fresca	Descarni	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Os
	461,88	716,02	745,41	796,4	996,26	1361,77
Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca	Petxina	Os
	50,68	108,53	498,39	796,4	819,19	849,69
Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni	Petxina	Os	Pell fresca
	53,55	108,53	574,94	607,41	630,46	745,41
Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Pell fresca
	50,68	53,55	507,75	668,37	709,78	716,02
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni	Pell fresca
	169,86	630,46	709,78	849,69	1346,66	1361,77
Petxina	Os	Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	169,86	607,41	668,37	819,19	996,26	1219,28

Taules A.10.4.3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	131,47	29,16	118,61	126,88	107,25	38,35
Pell fresca	131,47	-	100,46	26,59	21,08	227,09	118,57
Pell seca	29,16	100,46	-	94,07	98,32	138,02	57,48
Fusta fresca	118,61	26,59	94,07	-	4,82	225,26	125,34
Fusta seca	126,88	21,08	98,32	4,82	-	235,63	129,93
Os	107,25	227,09	138,02	225,26	235,63	-	45,18
Petxina	38,35	118,57	57,48	125,34	129,93	45,18	-

Descarni	Pell seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca
	29,16	38,35	107,25	118,61	126,88	131,47
Pell fresca	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Descarni	Os
	21,08	26,59	100,46	118,57	131,47	227,09
Pell seca	Descarni	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Os
	29,16	57,48	94,07	98,32	100,46	138,02
Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni	Petxina	Os
	4,82	26,59	94,07	118,61	125,34	225,26
Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni	Petxina	Os
	4,82	21,08	98,32	126,88	129,93	235,63
Os	Petxina	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca
	45,18	107,25	138,02	225,26	227,09	235,63
Petxina	Descarni	Os	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca
	38,35	45,18	57,48	118,57	125,34	129,93

Taules A.10.4.4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	60,67	87,29	173,74	199,85	28,99	17,54
Pell fresca	60,67	-	8,06	70,96	88,01	55,54	35,71
Pell seca	87,29	8,06	-	81,48	103,72	78,6	54,84
Fusta fresca	173,74	70,96	81,48	-	26,21	181,31	129,61
Fusta seca	199,85	88,01	103,72	26,21	-	214,99	148,39
Os	28,99	55,54	78,6	181,31	214,99	-	2,82
Petxina	17,54	35,71	54,84	129,61	148,39	2,82	-

Descarni	Petxina	Os	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca
	17,54	28,99	60,67	87,29	173,74	199,85
Pell fresca	Pell seca	Petxina	Os	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca
	8,06	35,71	55,54	60,67	70,96	88,01
Pell seca	Pell fresca	Petxina	Os	Fusta fresca	Descarni	Fusta seca
	8,06	54,84	78,6	81,48	87,29	103,72
Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Petxina	Descarni	Os
	26,21	70,96	81,48	129,61	173,74	181,31
Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Petxina	Descarni	Os
	26,21	88,01	103,72	148,39	199,85	214,99
Os	Petxina	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca
	2,82	28,99	55,54	78,6	181,31	214,99
Petxina	Os	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca
	2,82	17,54	35,71	54,84	129,61	148,39

Taules A.10.4.5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	8,12	11,33	50,1	48,54	46,32	63,79
Pell fresca	8,12	-	1,04	28,53	26,14	22,64	37,5
Pell seca	11,33	1,04	-	31,86	29,98	19,27	40,26
Fusta fresca	50,1	28,53	31,86	-	0,01	41,19	2,91
Fusta seca	48,54	26,14	29,98	0,01	-	45,13	6,4
Os	46,32	22,64	19,27	41,19	45,13	-	41,9
Petxina	63,79	37,5	40,26	2,91	6,4	41,9	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina
	8,12	11,33	46,32	48,54	50,1	63,79
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina
	1,04	8,12	22,64	26,14	28,53	37,5
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina
	1,04	11,33	19,27	29,98	31,86	40,26
Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Os	Descarni
	0,01	2,91	28,53	31,86	41,19	50,1
Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Os	Descarni
	0,01	6,4	26,14	29,98	45,13	48,54
Os	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Descarni
	19,27	22,64	41,19	41,9	45,13	46,32
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Os	Descarni
	2,91	6,4	37,5	40,26	41,9	63,79

Taules A.10.5 – Per a Luminositat Mínima:

Taules A.10.5.1 – Per al total dels téxels

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	85,93	3880,01	4680,22	4293,12	3851,42	4008,76
Pell fresca	85,93	-	2894,32	3293,44	3037,08	2915,5	2565,12
Pell seca	3880,01	2894,32	-	1128,69	825,31	32,8	1169,03
Fusta fresca	4680,22	3293,44	1128,69	-	256,26	1097,91	245,94
Fusta seca	4293,12	3037,08	825,31	256,26	-	758,57	462,56
Os	3851,42	2915,5	32,8	1097,91	758,57	-	1126,53
Petxina	4008,76	2565,12	1169,03	245,94	462,56	1126,53	-

Descarni	Pell fresca	Os	Pell seca	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca
	85,93	3851,42	3880,01	4008,76	4293,12	4680,22
Pell fresca	Descarni	Petxina	Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca
	85,93	2565,12	2894,32	2915,5	3037,08	3293,44
Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	32,8	825,31	1128,69	1169,03	2894,32	3880,01
Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	245,94	256,26	1097,91	1128,69	3293,44	4680,22
Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	256,26	462,56	758,57	825,31	3037,08	4293,12
Os	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	32,8	758,57	1097,91	1126,53	2915,5	3851,42
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	245,94	462,56	1126,53	1169,03	2565,12	4008,76

Taules A.10-5-2 – Per al conjunt de téxels de –51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	69,29	3461,69	4129,41	3769,23	3484,16	3696,99
Pell fresca	69,29	-	2433,53	2740,41	2521,51	2441,16	2215,34
Pell seca	3461,69	2433,53	-	1073,31	757,04	185,33	1246,57
Fusta fresca	4129,41	2740,41	1073,31	-	266,16	857,24	345,04
Fusta seca	3769,23	2521,51	757,04	266,16	-	518,99	569,48
Os	3484,16	2441,16	185,33	857,24	518,99	-	1039,06
Petxina	3696,99	2215,34	1246,57	345,04	569,48	1039,06	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca
	69,29	3461,69	3484,16	3696,99	3769,23	4129,41
Pell fresca	Descarni	Petxina	Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca
	69,29	2215,34	2433,53	2441,16	2521,51	2740,41
Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	185,33	757,04	1073,31	1246,57	2433,53	3461,69
Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	266,16	345,04	857,24	1073,31	2740,41	4129,41
Fusta seca	Fusta fresca	Os	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	266,16	518,99	569,48	757,04	2521,51	3769,23
Os	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	185,33	518,99	857,24	1039,06	2441,16	3484,16
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	345,04	569,48	1039,06	1246,57	2215,34	3696,99

Taules A.10-5-3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	45,67	336,39	486,36	441,98	475	440,27
Pell fresca	45,67	-	326,31	444,53	400,42	451,26	361,52
Pell seca	336,39	326,31	-	176,18	151,5	126,87	180,73
Fusta fresca	486,36	444,53	176,18	-	8,08	56,74	41,26
Fusta seca	441,98	400,42	151,5	8,08	-	30,25	55,2
Os	475	451,26	126,87	56,74	30,25	-	94,15
Petxina	440,27	361,52	180,73	41,26	55,2	94,15	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca
	45,67	336,39	440,27	441,98	475	486,36
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Os
	45,67	326,31	361,52	400,42	444,53	451,26
Pell seca	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Descarni
	126,87	151,5	176,18	180,73	326,31	336,39
Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	8,08	41,26	56,74	176,18	444,53	486,36
Fusta seca	Fusta fresca	Os	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	8,08	30,25	55,2	151,5	400,42	441,98
Os	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	30,25	56,74	94,15	126,87	451,26	475
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	41,26	55,2	94,15	180,73	361,52	440,27

Taules A.10-5-4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	7,57	223,41	424,07	330,7	377,92	345,6
Pell fresca	7,57	-	179,45	357,17	272,94	322,74	261,98
Pell seca	223,41	179,45	-	225,99	141,06	98,46	167,86
Fusta fresca	424,07	357,17	225,99	-	73,91	165,53	5,72
Fusta seca	330,7	272,94	141,06	73,91	-	64,85	58,05
Os	377,92	322,74	98,46	165,53	64,85	-	122,06
Petxina	345,6	261,98	167,86	5,72	58,05	122,06	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca
	7,57	223,41	330,7	345,6	377,92	424,07
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca
	7,57	179,45	261,98	272,94	322,74	357,17
Pell seca	Os	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca
	98,46	141,06	167,86	179,45	223,41	225,99
Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	5,72	73,91	165,53	225,99	357,17	424,07
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	58,05	64,85	73,91	141,06	272,94	330,7
Os	Fusta seca	Pell seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni
	64,85	98,46	122,06	165,53	322,74	377,92
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell seca	Pell fresca	Descarni
	5,72	58,05	122,06	167,86	261,98	345,6

Taules A.10-5-5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	10,57	15,61	25,1	18,87	24,71	23,37
Pell fresca	10,57	-	18,44	39,21	28,31	55,7	46,01
Pell seca	15,61	18,44	-	5,1	0,96	18,03	6,13
Fusta fresca	25,1	39,21	5,1	-	5,38	33,86	18,76
Fusta seca	18,87	28,31	0,96	5,38	-	22,83	10,73
Os	24,71	55,7	18,03	33,86	22,83	-	14,4
Petxina	23,37	46,01	6,13	18,76	10,73	14,4	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca
	10,57	15,61	18,87	23,37	24,71	25,1
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	10,57	18,44	28,31	39,21	46,01	55,7
Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Descarni	Os	Pell fresca
	0,96	5,1	6,13	15,61	18,03	18,44
Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Descarni	Os	Pell fresca
	5,1	5,38	18,76	25,1	33,86	39,21
Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Descarni	Os	Pell fresca
	0,96	5,38	10,73	18,87	22,83	28,31
Os	Petxina	Pell seca	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Pell fresca
	14,4	18,03	22,83	24,71	33,86	55,7
Petxina	Pell seca	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca
	6,13	10,73	14,4	18,76	23,37	46,01

Taules A-10-6 – Per a Elongació:

Taules A-10-6-1 – Per al total dels téxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	152,35	624,12	703,02	518,52	36,05	277,24
Pell fresca	152,35	-	275,94	325,76	212,18	123,54	66,8
Pell seca	624,12	275,94	-	122,44	36,83	579,86	197,09
Fusta fresca	703,02	325,76	122,44	-	141,63	659,99	265,15
Fusta seca	518,52	212,18	36,83	141,63	-	479,17	141,57
Os	36,05	123,54	579,86	659,99	479,17	-	244,77
Petxina	277,24	66,8	197,09	265,15	141,57	244,77	-

Descarni	Os	Pell fresca	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca
	36,05	152,35	277,24	518,52	624,12	703,02
Pell fresca	Petxina	Os	Descarni	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca
	66,8	123,54	152,35	212,18	275,94	325,76
Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Os	Descarni
	36,83	122,44	197,09	275,94	579,86	624,12
Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Os	Descarni
	122,44	141,63	265,15	325,76	659,99	703,02
Fusta seca	Pell seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Os	Descarni
	36,83	141,57	141,63	212,18	479,17	518,52
Os	Descarni	Pell fresca	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca
	36,05	123,54	244,77	479,17	579,86	659,99
Petxina	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Os	Fusta fresca	Descarni
	66,8	141,57	197,09	244,77	265,15	277,24

Taules A-10-6-2 – Per al conjunt de téxels de -51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	60,02	555,6	499,16	274,95	71,75	162
Pell fresca	60,02	-	312,62	264,61	127,1	103,52	56,57
Pell seca	555,6	312,62	-	2,67	199,5	594,11	239,3
Fusta fresca	499,16	264,61	2,67	-	176,2	529,62	204,92
Fusta seca	274,95	127,1	199,5	176,2	-	318,41	57,97
Os	71,75	103,52	594,11	529,62	318,41	-	201,14
Petxina	162	56,57	239,3	204,92	57,97	201,14	-

Descarni	Pell fresca	Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca
	60,02	71,75	162	274,95	499,16	555,6
Pell fresca	Petxina	Descarni	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca
	56,57	60,02	103,52	127,1	264,61	312,62
Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Descarni	Os
	2,67	199,5	239,3	312,62	555,6	594,11
Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Descarni	Os
	2,67	176,2	204,92	264,61	499,16	529,62
Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni	Os
	57,97	127,1	176,2	199,5	274,95	318,41
Os	Descarni	Pell fresca	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca
	71,75	103,52	201,14	318,41	529,62	594,11
Petxina	Pell fresca	Fusta seca	Descarni	Os	Fusta fresca	Pell seca
	56,57	57,97	162	201,14	204,92	239,3

Taules A.10-6-3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	54,97	75,75	105,96	118,15	41,99	63,53
Pell fresca	54,97	-	1,69	25,07	34,03	30,82	0,68
Pell seca	75,75	1,69	-	32,15	45,22	43,14	2,48
Fusta fresca	105,96	25,07	32,15	-	13,93	78,91	30,17
Fusta seca	118,15	34,03	45,22	13,93	-	93,25	40,04
Os	41,99	30,82	43,14	78,91	93,25	-	34
Petxina	63,53	0,68	2,48	30,17	40,04	34	-

Descarni	Os	Pell fresca	Petxina	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca
	41,99	54,97	63,53	75,75	105,96	118,15
Pell fresca	Petxina	Pell seca	Fusta fresca	Os	Fusta seca	Descarni
	0,68	1,69	25,07	30,82	34,03	54,97
Pell seca	Pell fresca	Petxina	Fusta fresca	Os	Fusta seca	Descarni
	1,69	2,48	32,15	43,14	45,22	75,75
Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Petxina	Pell seca	Os	Descarni
	13,93	25,07	30,17	32,15	78,91	105,96
Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Petxina	Pell seca	Os	Descarni
	13,93	34,03	40,04	45,22	93,25	118,15
Os	Pell fresca	Petxina	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca
	30,82	34	41,99	43,14	78,91	93,25
Petxina	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Os	Fusta seca	Descarni
	0,68	2,48	30,17	34	40,04	63,53

Taules A.10-6-4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	33,85	4,09	73,59	87,1	12,77	16,68
Pell fresca	33,85	-	32,22	16,95	29,64	33,19	15,97
Pell seca	4,09	32,22	-	69,83	82,05	16,91	17,85
Fusta fresca	73,59	16,95	69,83	-	21,47	77,41	47,73
Fusta seca	87,1	29,64	82,05	21,47	-	95,94	60,5
Os	12,77	33,19	16,91	77,41	95,94	-	9,45
Petxina	16,68	15,97	17,85	47,73	60,5	9,45	-

Descarni	Pell seca	Os	Petxina	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca
	4,09	12,77	16,68	33,85	73,59	87,1
Pell fresca	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Os	Descarni
	15,97	16,95	29,64	32,22	33,19	33,85
Pell seca	Descarni	Os	Petxina	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca
	4,09	16,91	17,85	32,22	69,83	82,05
Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Petxina	Pell seca	Descarni	Os
	16,95	21,47	47,73	69,83	73,59	77,41
Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Petxina	Pell seca	Descarni	Os
	21,47	29,64	60,5	82,05	87,1	95,94
Os	Petxina	Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca
	9,45	12,77	16,91	33,19	77,41	95,94
Petxina	Os	Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca
	9,45	15,97	16,68	17,85	47,73	60,5

Taules A.10-6-5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	3,79	4,72	12,43	22,22	30,29	15,63
Pell fresca	3,79	-	5,96	2,06	9,71	11,2	2,01
Pell seca	4,72	5,96	-	16,55	23,43	38,94	22,93
Fusta fresca	12,43	2,06	16,55	-	17,28	11,48	2,61
Fusta seca	22,22	9,71	23,43	17,28	-	18,9	25,36
Os	30,29	11,2	38,94	11,48	18,9	-	16,02
Petxina	15,63	2,01	22,93	2,61	25,36	16,02	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	3,79	4,72	12,43	15,63	22,22	30,29
Pell fresca	Petxina	Fusta fresca	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Os
	2,01	2,06	3,79	5,96	9,71	11,2
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	4,72	5,96	16,55	22,93	23,43	38,94
Fusta fresca	Pell fresca	Petxina	Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca
	2,06	2,61	11,48	12,43	16,55	17,28
Fusta seca	Pell fresca	Fusta fresca	Os	Descarni	Pell seca	Petxina
	9,71	17,28	18,9	22,22	23,43	25,36
Os	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Descarni	Pell seca
	11,2	11,48	16,02	18,9	30,29	38,94
Petxina	Pell fresca	Fusta fresca	Descarni	Os	Pell seca	Fusta seca
	2,01	2,61	15,63	16,02	22,93	25,36

Taules A.10-7 – Per a Circularitat, Quadratura, Compacitat A i Ratio Circularitat/Estretor:

Taules A.10-7-1a – Per al total dels téxels (Circularitat).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	437,11	415,64	776,9	1946,62	1349,97	1227,26
Pell fresca	437,11	-	118,81	154,51	898,44	504,38	446,7
Pell seca	415,64	118,81	-	376,76	1451,99	865,8	826,55
Fusta fresca	776,9	154,51	376,76	-	950,06	379,12	435,63
Fusta seca	1946,62	898,44	1451,99	950,06	-	763,37	363,45
Os	1349,97	504,38	865,8	379,12	763,37	-	210,63
Petxina	1227,26	446,7	826,55	435,63	363,45	210,63	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	415,64	437,11	776,9	1227,26	1349,97	1946,62
Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Fusta seca
	118,81	154,51	437,11	446,7	504,38	898,44
Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Fusta seca
	118,81	376,76	415,64	826,55	865,8	1451,99
Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Os	Petxina	Descarni	Fusta seca
	154,51	376,76	379,12	435,63	776,9	950,06
Fusta seca	Petxina	Os	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	363,45	763,37	898,44	950,06	1451,99	1946,62
Os	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	210,63	379,12	504,38	763,37	865,8	1349,97
Petxina	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	210,63	363,45	435,63	446,7	826,55	1227,26

Taules A.10-7.1b – Per al total dels téxels (Quadratura i Compacitat A).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	436,58	417,73	777,47	1946,52	1350,57	1226,52
Pell fresca	436,58	-	116,8	155,53	898,7	505,44	446,64
Pell seca	417,73	116,8	-	375,82	1449,94	864,31	824,52
Fusta fresca	777,47	155,53	375,82	-	949,04	378,73	434,52
Fusta seca	1946,52	898,7	1449,94	949,04	-	762,82	363,69
Os	1350,57	505,44	864,31	378,73	762,82	-	209,79
Petxina	1226,52	446,64	824,52	434,52	363,69	209,79	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	417,73	436,58	777,47	1226,52	1350,57	1946,52
Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Fusta seca
	116,8	155,53	436,58	446,64	505,44	898,7
Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Fusta seca
	116,8	375,82	417,73	824,52	864,31	1449,94
Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Os	Petxina	Descarni	Fusta seca
	155,53	375,82	378,73	434,52	777,47	949,04
Fusta seca	Petxina	Os	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	363,69	762,82	898,7	949,04	1449,94	1946,52
Os	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	209,79	378,73	505,44	762,82	864,31	1350,57
Petxina	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	209,79	363,69	434,52	446,64	824,52	1226,52

Taules A.10-7.1c – Per al total dels téxels (Ratio Circularitat/Estretor).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	435,19	415,52	777,53	1937,56	1349,73	1230,49
Pell fresca	435,19	-	116,78	156,73	894,74	506,4	449,69
Pell seca	415,52	116,78	-	376,7	1442,59	864,55	828,53
Fusta fresca	777,53	156,73	376,7	-	942,21	378,67	437,59
Fusta seca	1937,56	894,74	1442,59	942,21	-	754,87	355,93
Os	1349,73	506,4	864,55	378,67	754,87	-	213,19
Petxina	1230,49	449,69	828,53	437,59	355,93	213,19	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	415,52	435,19	777,53	1230,49	1349,73	1937,56
Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Fusta seca
	116,78	156,73	435,19	449,69	506,4	894,74
Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Fusta seca
	116,78	376,7	415,52	828,53	864,55	1442,59
Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Os	Petxina	Descarni	Fusta seca
	156,73	376,7	378,67	437,59	777,53	942,21
Fusta seca	Petxina	Os	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	355,93	754,87	894,74	942,21	1442,59	1937,56
Os	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	213,19	378,67	506,4	754,87	864,55	1349,73
Petxina	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	213,19	355,93	437,59	449,69	828,53	1230,49

Taules A.10-7.2a – Per al conjunt de téxels de –51 píxels (Circularitat).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	591,63	463,63	1197,81	1995,73	1837,49	1703,66
Pell fresca	591,63	-	227,85	303,52	818,64	697,86	623,39
Pell seca	463,63	227,85	-	730,92	1477,97	1290,81	1232,8
Fusta fresca	1197,81	303,52	730,92	-	657,73	397,19	515,74
Fusta seca	1995,73	818,64	1477,97	657,73	-	383,53	35,44
Os	1837,49	697,86	1290,81	397,19	383,53	-	288,08
Petxina	1703,66	623,39	1232,8	515,74	35,44	288,08	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	463,63	591,63	1197,81	1703,66	1837,49	1995,73
Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Fusta seca
	227,85	303,52	591,63	623,39	697,86	818,64
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	227,85	463,63	730,92	1232,8	1290,81	1477,97
Fusta fresca	Pell fresca	Os	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	303,52	397,19	515,74	657,73	730,92	1197,81
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	35,44	383,53	657,73	818,64	1477,97	1995,73
Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	288,08	383,53	397,19	697,86	1290,81	1837,49
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	35,44	288,08	515,74	623,39	1232,8	1703,66

Taules A.10-7.2b – Per al conjunt de téxels de –51 píxels (Quadratura i Compacitat A).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	590,7	465,98	1198,32	1995,36	1836,55	1702,96
Pell fresca	590,7	-	225,22	304,99	819,12	698,3	623,68
Pell seca	465,98	225,22	-	729,79	1475,76	1287,91	1230,58
Fusta fresca	1198,32	304,99	729,79	-	656,64	395,61	514,58
Fusta seca	1995,36	819,12	1475,76	656,64	-	383,88	35,7
Os	1836,55	698,3	1287,91	395,61	383,88	-	288,31
Petxina	1702,96	623,68	1230,58	514,58	35,7	288,31	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	465,98	590,7	1198,32	1702,96	1836,55	1995,36
Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Fusta seca
	225,22	304,99	590,7	623,68	698,3	819,12
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	225,22	465,98	729,79	1230,58	1287,91	1475,76
Fusta fresca	Pell fresca	Os	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	304,99	395,61	514,58	656,64	729,79	1198,32
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	35,7	383,88	656,64	819,12	1475,76	1995,36
Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	288,31	383,88	395,61	698,3	1287,91	1836,55
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	35,7	288,31	514,58	623,68	1230,58	1702,96

Taules A.10-7.2c – Per al conjunt de téxels de –51 píxels (Ratio Circularitat/Estretor).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	583,18	461,37	1192,98	1986,8	1832,29	1697,17
Pell fresca	583,18	-	221,44	306,8	819,2	701,82	624,52
Pell seca	461,37	221,44	-	727,6	1469,94	1286,99	1227,88
Fusta fresca	1192,98	306,8	727,6	-	653,46	397,42	514,38
Fusta seca	1986,8	819,2	1469,94	653,46	-	378,28	33,6
Os	1832,29	701,82	1286,99	397,42	378,28	-	285,91
Petxina	1697,17	624,52	1227,88	514,38	33,6	285,91	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	461,37	583,18	1192,98	1697,17	1832,29	1986,8
Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Petxina	Os	Fusta seca
	221,44	306,8	583,18	624,52	701,82	819,2
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	221,44	461,37	727,6	1227,88	1286,99	1469,94
Fusta fresca	Pell fresca	Os	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	306,8	397,42	514,38	653,46	727,6	1192,98
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	33,6	378,28	653,46	819,2	1469,94	1986,8
Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	285,91	378,28	397,42	701,82	1286,99	1832,29
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	33,6	285,91	514,38	624,52	1227,88	1697,17

Taules A.10-7.3a – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels (Circularitat).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	22,01	0,24	166,04	271,3	303,86	267,44
Pell fresca	22,01	-	21,29	101,09	177,67	215,12	166,81
Pell seca	0,24	21,29	-	160,72	259,9	297,77	253,48
Fusta fresca	166,04	101,09	160,72	-	117,26	116,09	119,33
Fusta seca	271,3	177,67	259,9	117,26	-	34,16	10,37
Os	303,86	215,12	297,77	116,09	34,16	-	46,15
Petxina	267,44	166,81	253,48	119,33	10,37	46,15	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	0,24	22,01	166,04	267,44	271,3	303,86
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	21,29	22,01	101,09	166,81	177,67	215,12
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	0,24	21,29	160,72	253,48	259,9	297,77
Fusta fresca	Pell fresca	Os	Fusta seca	Petxina	Pell seca	Descarni
	101,09	116,09	117,26	119,33	160,72	166,04
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	10,37	34,16	117,26	177,67	259,9	271,3
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	34,16	46,15	116,09	215,12	297,77	303,86
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	10,37	46,15	119,33	166,81	253,48	267,44

Taules A.10-7.3b – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels (Quadratura i Compacitat A).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	22,97	0,44	167,13	271,82	307,79	267,75
Pell fresca	22,97	-	21,74	101,07	177,81	217,36	166,84
Pell seca	0,44	21,74	-	161,53	260,83	301,54	254,63
Fusta fresca	167,13	101,07	161,53	-	117,58	118,74	119,34
Fusta seca	271,82	177,81	260,83	117,58	-	32,13	10,39
Os	307,79	217,36	301,54	118,74	32,13	-	43,99
Petxina	267,75	166,84	254,63	119,34	10,39	43,99	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	0,44	22,97	167,13	267,75	271,82	307,79
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	21,74	22,97	101,07	166,84	177,81	217,36
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	0,44	21,74	161,53	254,63	260,83	301,54
Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Pell seca	Descarni
	101,07	117,58	118,74	119,34	161,53	167,13
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	10,39	32,13	117,58	177,81	260,83	271,82
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	32,13	43,99	118,74	217,36	301,54	307,79
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	10,39	43,99	119,34	166,84	254,63	267,75

Taules A.10-7.3c – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels (Ratio Circularitat/Estreor).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	26,75	5,68	161,07	265,86	299,54	265,94
Pell fresca	26,75	-	29,72	93,8	170,04	206,52	162,96
Pell seca	5,68	29,72	-	160,86	258,43	297,6	255,51
Fusta fresca	161,07	93,8	160,86	-	115,08	115,94	120,96
Fusta seca	265,86	170,04	258,43	115,08	-	31,97	13,61
Os	299,54	206,52	297,6	115,94	31,97	-	48,39
Petxina	265,94	162,96	255,51	120,96	13,61	48,39	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	5,68	26,75	161,07	265,86	265,94	299,54
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	26,75	29,72	93,8	162,96	170,04	206,52
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	5,68	29,72	160,86	255,51	258,43	297,6
Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Pell seca	Descarni
	93,8	115,08	115,94	120,96	160,86	161,07
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	13,61	31,97	115,08	170,04	258,43	265,86
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	31,97	48,39	115,94	206,52	297,6	299,54
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	13,61	48,39	120,96	162,96	255,51	265,94

Taules A.10-7.4a – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels (Circularitat).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	41,47	64,94	137,97	198,84	258,06	228,26
Pell fresca	41,47	-	82,76	63,34	109,03	158,47	128,51
Pell seca	64,94	82,76	-	190,63	234,55	316,86	256,5
Fusta fresca	137,97	63,34	190,63	-	79,24	99,54	114,47
Fusta seca	198,84	109,03	234,55	79,24	-	5,76	34,61
Os	258,06	158,47	316,86	99,54	5,76	-	53,77
Petxina	228,26	128,51	256,5	114,47	34,61	53,77	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	41,47	64,94	137,97	198,84	228,26	258,06
Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Os
	41,47	63,34	82,76	109,03	128,51	158,47
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	64,94	82,76	190,63	234,55	256,5	316,86
Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Descarni	Pell seca
	63,34	79,24	99,54	114,47	137,97	190,63
Fusta seca	Os	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	5,76	34,61	79,24	109,03	198,84	234,55
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	5,76	53,77	99,54	158,47	258,06	316,86
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	34,61	53,77	114,47	128,51	228,26	256,5

Taules A.10-7.4b – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels (Quadratura i Compacitat A).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	40,09	66,94	137,41	197,37	256,92	227,38
Pell fresca	40,09	-	82,9	64,02	108,78	158,66	128,95
Pell seca	66,94	82,9	-	191,84	234,51	317,3	256,84
Fusta fresca	137,41	64,02	191,84	-	78,15	99,04	114,21
Fusta seca	197,37	108,78	234,51	78,15	-	5,17	35,24
Os	256,92	158,66	317,3	99,04	5,17	-	54,13
Petxina	227,38	128,95	256,84	114,21	35,24	54,13	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	40,09	66,94	137,41	197,37	227,38	256,92
Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Os
	40,09	64,02	82,9	108,78	128,95	158,66
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	66,94	82,9	191,84	234,51	256,84	317,3
Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Descarni	Pell seca
	64,02	78,15	99,04	114,21	137,41	191,84
Fusta seca	Os	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	5,17	35,24	78,15	108,78	197,37	234,51
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	5,17	54,13	99,04	158,66	256,92	317,3
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	35,24	54,13	114,21	128,95	227,38	256,84

Taules A.10-7.4c – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels (Ratio Circularitat/Estretor).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	24,45	63,49	126,36	187	250,82	223,01
Pell fresca	24,45	-	66,1	68,76	111,47	169,43	134,72
Pell seca	63,49	66,1	-	177,8	222,05	308,26	249,84
Fusta fresca	126,36	68,76	177,8	-	75,95	102,78	117,51
Fusta seca	187	111,47	222,05	75,95	-	0,22	39,75
Os	250,82	169,43	308,26	102,78	0,22	-	55,61
Petxina	223,01	134,72	249,84	117,51	39,75	55,61	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	24,45	63,49	126,36	187	223,01	250,82
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	24,45	66,1	68,76	111,47	134,72	169,43
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	63,49	66,1	177,8	222,05	249,84	308,26
Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Descarni	Pell seca
	68,76	75,95	102,78	117,51	126,36	177,8
Fusta seca	Os	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	0,22	39,75	75,95	111,47	187	222,05
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	0,22	55,61	102,78	169,43	250,82	308,26
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	39,75	55,61	117,51	134,72	223,01	249,84

Taules A.10-7.5a – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels (Circularitat).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	13,38	8,64	2,66	10,92	35,95	15,19
Pell fresca	13,38	-	2,16	22,81	22,67	67,34	42,7
Pell seca	8,64	2,16	-	15,23	16,72	48,38	28,84
Fusta fresca	2,66	22,81	15,23	-	12,18	36,76	14,08
Fusta seca	10,92	22,67	16,72	12,18	-	14,85	3,99
Os	35,95	67,34	48,38	36,76	14,85	-	25,12
Petxina	15,19	42,7	28,84	14,08	3,99	25,12	-

Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Pell fresca	Petxina	Os
	2,66	8,64	10,92	13,38	15,19	35,95
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	2,16	13,38	22,67	22,81	42,7	67,34
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	2,16	8,64	15,23	16,72	28,84	48,38
Fusta fresca	Descarni	Fusta seca	Petxina	Pell seca	Pell fresca	Os
	2,66	12,18	14,08	15,23	22,81	36,76
Fusta seca	Petxina	Descarni	Fusta fresca	Os	Pell seca	Pell fresca
	3,99	10,92	12,18	14,85	16,72	22,67
Os	Fusta seca	Petxina	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca
	14,85	25,12	35,95	36,76	48,38	67,34
Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Descarni	Os	Pell seca	Pell fresca
	3,99	14,08	15,19	25,12	28,84	42,7

Taules A.10-7.5b – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels (Quadratura i Compacitat A).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	13,04	7,93	1,55	10,6	37,76	16,6
Pell fresca	13,04	-	0,93	21,54	22,39	69,29	45,71
Pell seca	7,93	0,93	-	14,58	15,54	48,75	29,73
Fusta fresca	1,55	21,54	14,58	-	13,17	40,23	17,86
Fusta seca	10,6	22,39	15,54	13,17	-	16,04	3,02
Os	37,76	69,29	48,75	40,23	16,04	-	25,31
Petxina	16,6	45,71	29,73	17,86	3,02	25,31	-

Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Pell fresca	Petxina	Os
	1,55	7,93	10,6	13,04	16,6	37,76
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	0,93	13,04	21,54	22,39	45,71	69,29
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	0,93	7,93	14,58	15,54	29,73	48,75
Fusta fresca	Descarni	Fusta seca	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Os
	1,55	13,17	14,58	17,86	21,54	40,23
Fusta seca	Petxina	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Os	Pell fresca
	3,02	10,6	13,17	15,54	16,04	22,39
Os	Fusta seca	Petxina	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca
	16,04	25,31	37,76	40,23	48,75	69,29
Petxina	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Os	Pell seca	Pell fresca
	3,02	16,6	17,86	25,31	29,73	45,71

Taules A.10-7.5c – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels (Ratio Circularitat/Estretor).

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	14,86	6,29	2,63	9,67	33,08	12,08
Pell fresca	14,86	-	6,61	19,21	21,8	66,5	40,39
Pell seca	6,29	6,61	-	7,21	14,17	43,34	22,15
Fusta fresca	2,63	19,21	7,21	-	14,33	40,12	17,66
Fusta seca	9,67	21,8	14,17	14,33	-	14,19	3,8
Os	33,08	66,5	43,34	40,12	14,19	-	24,34
Petxina	12,08	40,39	22,15	17,66	3,8	24,34	-

Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Os
	2,63	6,29	9,67	12,08	14,86	33,08
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	6,61	14,86	19,21	21,8	40,39	66,5
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	6,29	6,61	7,21	14,17	22,15	43,34
Fusta fresca	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Os
	2,63	7,21	14,33	17,66	19,21	40,12
Fusta seca	Petxina	Descarni	Pell seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca
	3,8	9,67	14,17	14,19	14,33	21,8
Os	Fusta seca	Petxina	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca
	14,19	24,34	33,08	40,12	43,34	66,5
Petxina	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Os	Pell fresca
	3,8	12,08	17,66	22,15	24,34	40,39

Taules A-10-8 – Per a Irregularitat:

Taules A-10-8-1 – Per al total dels téxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	138,16	245,61	1598,47	636,98	3001,76	3066,34
Pell fresca	138,16	-	39,87	1108,87	508,21	2182,08	1862,17
Pell seca	245,61	39,87	-	1656,5	786,94	3006,96	2916,88
Fusta fresca	1598,47	1108,87	1656,5	-	819,95	1010,91	1384,31
Fusta seca	636,98	508,21	786,94	819,95	-	1985,68	2067,58
Os	3001,76	2182,08	3006,96	1010,91	1985,68	-	830,17
Petxina	3066,34	1862,17	2916,88	1384,31	2067,58	830,17	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Os	Petxina
	138,16	245,61	636,98	1598,47	3001,76	3066,34
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	39,87	138,16	508,21	1108,87	1862,17	2182,08
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	39,87	245,61	786,94	1656,5	2916,88	3006,96
Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell fresca	Petxina	Descarni	Pell seca
	819,95	1010,91	1108,87	1384,31	1598,47	1656,5
Fusta seca	Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Os	Petxina
	508,21	636,98	786,94	819,95	1985,68	2067,58
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	830,17	1010,91	1985,68	2182,08	3001,76	3006,96
Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	830,17	1384,31	1862,17	2067,58	2916,88	3066,34

Taules A-10-8-2 – Per al conjunt de téxels de -51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	12,78	293,32	2348,43	933,4	4142,09	4182,84
Pell fresca	12,78	-	207,14	1463,46	581,02	2801,96	2391,59
Pell seca	293,32	207,14	-	2378,33	1098,68	4094,98	3945,51
Fusta fresca	2348,43	1463,46	2378,33	-	1193,94	1301,81	1779,49
Fusta seca	933,4	581,02	1098,68	1193,94	-	2688,82	2759,31
Os	4142,09	2801,96	4094,98	1301,81	2688,82	-	1051,61
Petxina	4182,84	2391,59	3945,51	1779,49	2759,31	1051,61	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Os	Petxina
	12,78	293,32	933,4	2348,43	4142,09	4182,84
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	12,78	207,14	581,02	1463,46	2391,59	2801,96
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	207,14	293,32	1098,68	2378,33	3945,51	4094,98
Fusta fresca	Fusta seca	Os	Pell fresca	Petxina	Descarni	Pell seca
	1193,94	1301,81	1463,46	1779,49	2348,43	2378,33
Fusta seca	Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Os	Petxina
	581,02	933,4	1098,68	1193,94	2688,82	2759,31
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	1051,61	1301,81	2688,82	2801,96	4094,98	4142,09
Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	1051,61	1779,49	2391,59	2759,31	3945,51	4182,84

Taules A.10-8-3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	50,5	33,17	269,4	190,39	572,36	549,3
Pell fresca	50,5	-	21,51	232,39	174,21	485,33	396,77
Pell seca	33,17	21,51	-	278,05	204,18	569,37	523,97
Fusta fresca	269,4	232,39	278,05	-	60,03	270,22	308,98
Fusta seca	190,39	174,21	204,18	60,03	-	328,74	341,95
Os	572,36	485,33	569,37	270,22	328,74	-	136,03
Petxina	549,3	396,77	523,97	308,98	341,95	136,03	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	33,17	50,5	190,39	269,4	549,3	572,36
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	21,51	50,5	174,21	232,39	396,77	485,33
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	21,51	33,17	204,18	278,05	523,97	569,37
Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Descarni	Os	Pell seca	Petxina
	60,03	232,39	269,4	270,22	278,05	308,98
Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca	Os	Petxina
	60,03	174,21	190,39	204,18	328,74	341,95
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	136,03	270,22	328,74	485,33	569,37	572,36
Petxina	Os	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	136,03	308,98	341,95	396,77	523,97	549,3

Taules A.10-8-4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	10,26	70,87	145,15	63,97	309,14	289,58
Pell fresca	10,26	-	57,44	97,96	37,32	236,15	192,49
Pell seca	70,87	57,44	-	202,41	123,4	377,02	319,89
Fusta fresca	145,15	97,96	202,41	-	71,58	135,46	168,17
Fusta seca	63,97	37,32	123,4	71,58	-	217,09	214,25
Os	309,14	236,15	377,02	135,46	217,09	-	93,5
Petxina	289,58	192,49	319,89	168,17	214,25	93,5	-

Descarni	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	10,26	63,97	70,87	145,15	289,58	309,14
Pell fresca	Descarni	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	10,26	37,32	57,44	97,96	192,49	236,15
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	57,44	70,87	123,4	202,41	319,89	377,02
Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Os	Descarni	Petxina	Pell seca
	71,58	97,96	135,46	145,15	168,17	202,41
Fusta seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Os
	37,32	63,97	71,58	123,4	214,25	217,09
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	93,5	135,46	217,09	236,15	309,14	377,02
Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Descarni	Pell seca
	93,5	168,17	192,49	214,25	289,58	319,89

Taules A.10-8-5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	7,69	5,41	1,74	2,46	25,37	13,09
Pell fresca	7,69	-	1,69	10,55	6,13	39,19	25,05
Pell seca	5,41	1,69	-	8,22	3,89	34,66	21,16
Fusta fresca	1,74	10,55	8,22	-	3,55	24	13,23
Fusta seca	2,46	6,13	3,89	3,55	-	29,95	16,71
Os	25,37	39,19	34,66	24	29,95	-	11,06
Petxina	13,09	25,05	21,16	13,23	16,71	11,06	-

Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Pell fresca	Petxina	Os
	1,74	2,46	5,41	7,69	13,09	25,37
Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os
	1,69	6,13	7,69	10,55	25,05	39,19
Pell seca	Pell fresca	Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os
	1,69	3,89	5,41	8,22	21,16	34,66
Fusta fresca	Descarni	Fusta seca	Pell seca	Pell fresca	Petxina	Os
	1,74	3,55	8,22	10,55	13,23	24
Fusta seca	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca	Petxina	Os
	2,46	3,55	3,89	6,13	16,71	29,95
Os	Petxina	Fusta fresca	Descarni	Fusta seca	Pell seca	Pell fresca
	11,06	24	25,37	29,95	34,66	39,19
Petxina	Os	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Pell seca	Pell fresca
	11,06	13,09	13,23	16,71	21,16	25,05

Taules A.10-9 – Per a Rectangularitat A:

Taules A.10-9-1 – Per al total dels téxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	67,85	336,31	300,67	972,69	119,76	155,47
Pell fresca	67,85	-	166,68	139,9	574,05	14,49	48,95
Pell seca	336,31	166,68	-	9,61	606,19	234,37	107,78
Fusta fresca	300,67	139,9	9,61	-	557,05	203,2	87,14
Fusta seca	972,69	574,05	606,19	557,05	-	892,31	566,11
Os	119,76	14,49	234,37	203,2	892,31	-	69,42
Petxina	155,47	48,95	107,78	87,14	566,11	69,42	-

Descarni	Pell fresca	Os	Petxina	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca
	67,85	119,76	155,47	300,67	336,31	972,69
Pell fresca	Os	Petxina	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca
	14,49	48,95	67,85	139,9	166,68	574,05
Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Os	Descarni	Fusta seca
	9,61	107,78	166,68	234,37	336,31	606,19
Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Os	Descarni	Fusta seca
	9,61	87,14	139,9	203,2	300,67	557,05
Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Os	Descarni
	557,05	566,11	574,05	606,19	892,31	972,69
Os	Pell fresca	Petxina	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca
	14,49	69,42	119,76	203,2	234,37	892,31
Petxina	Pell fresca	Os	Fusta fresca	Pell seca	Descarni	Fusta seca
	48,95	69,42	87,14	107,78	155,47	566,11

Taules A.10-9-2 – Per al conjunt de téxels de –51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	118,09	263,95	487,35	773,71	415,44	468,51
Pell fresca	118,09	-	70,85	217,97	400,68	170,56	198,05
Pell seca	263,95	70,85	-	230,97	491,78	129,7	236,18
Fusta fresca	487,35	217,97	230,97	-	221,86	126,67	30,36
Fusta seca	773,71	400,68	491,78	221,86	-	397,1	157,31
Os	415,44	170,56	129,7	126,67	397,1	-	148,68
Petxina	468,51	198,05	236,18	30,36	157,31	148,68	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca
	118,09	263,95	415,44	468,51	487,35	773,71
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca
	70,85	118,09	170,56	198,05	217,97	400,68
Pell seca	Pell fresca	Os	Fusta fresca	Petxina	Descarni	Fusta seca
	70,85	129,7	230,97	236,18	263,95	491,78
Fusta fresca	Petxina	Os	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	30,36	126,67	217,97	221,86	230,97	487,35
Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Os	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	157,31	221,86	397,1	400,68	491,78	773,71
Os	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Fusta seca	Descarni
	126,67	129,7	148,68	170,56	397,1	415,44
Petxina	Fusta fresca	Os	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	30,36	148,68	157,31	198,05	236,18	468,51

Taules A.10-9-3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	4,79	38,8	124,03	240,09	213,55	158,21
Pell fresca	4,79	-	22,84	81,86	161,67	154,62	100,77
Pell seca	38,8	22,84	-	82,52	194,06	161,99	117,39
Fusta fresca	124,03	81,86	82,52	-	112,97	58,03	44,94
Fusta seca	240,09	161,67	194,06	112,97	-	88,3	53,73
Os	213,55	154,62	161,99	58,03	88,3	-	7,82
Petxina	158,21	100,77	117,39	44,94	53,73	7,82	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	4,79	38,8	124,03	158,21	213,55	240,09
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	4,79	22,84	81,86	100,77	154,62	161,67
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	22,84	38,8	82,52	117,39	161,99	194,06
Fusta fresca	Petxina	Os	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Descarni
	44,94	58,03	81,86	82,52	112,97	124,03
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	53,73	88,3	112,97	161,67	194,06	240,09
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	7,82	58,03	88,3	154,62	161,99	213,55
Petxina	Os	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	7,82	44,94	53,73	100,77	117,39	158,21

Taules A.10-9-4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	36,58	0,84	146,36	232,8	211,84	165,57
Pell fresca	36,58	-	31,68	70,23	134,21	121,14	84,97
Pell seca	0,84	31,68	-	133,44	209,87	198,28	149,16
Fusta fresca	146,36	70,23	133,44	-	109,7	32,81	37,64
Fusta seca	232,8	134,21	209,87	109,7	-	112,9	65,67
Os	211,84	121,14	198,28	32,81	112,9	-	17,54
Petxina	165,57	84,97	149,16	37,64	65,67	17,54	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	0,84	36,58	146,36	165,57	211,84	232,8
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	31,68	36,58	70,23	84,97	121,14	134,21
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	0,84	31,68	133,44	149,16	198,28	209,87
Fusta fresca	Os	Petxina	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	32,81	37,64	70,23	109,7	133,44	146,36
Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Os	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	65,67	109,7	112,9	134,21	209,87	232,8
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	17,54	32,81	112,9	121,14	198,28	211,84
Petxina	Os	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	17,54	37,64	65,67	84,97	149,16	165,57

Taules A.10-9-5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	6,5	9,62	6,58	17,5	42,91	13,61
Pell fresca	6,5	-	2,81	15,59	19,53	50,87	27,76
Pell seca	9,62	2,81	-	17,57	21,94	55,11	29,45
Fusta fresca	6,58	15,59	17,57	-	15,31	34,68	4,58
Fusta seca	17,5	19,53	21,94	15,31	-	10	15,62
Os	42,91	50,87	55,11	34,68	10	-	34,1
Petxina	13,61	27,76	29,45	4,58	15,62	34,1	-

Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Fusta seca	Os
	6,5	6,58	9,62	13,61	17,5	42,91
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	2,81	6,5	15,59	19,53	27,76	50,87
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	2,81	9,62	17,57	21,94	29,45	55,11
Fusta fresca	Petxina	Descarni	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Os
	4,58	6,58	15,31	15,59	17,57	34,68
Fusta seca	Os	Fusta fresca	Petxina	Descarni	Pell fresca	Pell seca
	10	15,31	15,62	17,5	19,53	21,94
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca	Pell seca
	10	34,1	34,68	42,91	50,87	55,11
Petxina	Fusta fresca	Descarni	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Os
	4,58	13,61	15,62	27,76	29,45	34,1

Taules A-10-10 – Per a Ratio Perímetre/Eix Major:

Taules A-10-10-1 – Per al total dels téxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	500,02	657,3	1039,52	2119,31	1251,62	1272,9
Pell fresca	500,02	-	4,78	281,88	971,56	379,8	444,12
Pell seca	657,3	4,78	-	408,83	1389,17	515,75	685,09
Fusta fresca	1039,52	281,88	408,83	-	862,74	21,63	289,06
Fusta seca	2119,31	971,56	1389,17	862,74	-	1032,07	436,68
Os	1251,62	379,8	515,75	21,63	1032,07	-	346,07
Petxina	1272,9	444,12	685,09	289,06	436,68	346,07	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Os	Petxina	Fusta seca
	500,02	657,3	1039,52	1251,62	1272,9	2119,31
Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Os	Petxina	Descarni	Fusta seca
	4,78	281,88	379,8	444,12	500,02	971,56
Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Os	Descarni	Petxina	Fusta seca
	4,78	408,83	515,75	657,3	685,09	1389,17
Fusta fresca	Os	Pell fresca	Petxina	Pell seca	Fusta seca	Descarni
	21,63	281,88	289,06	408,83	862,74	1039,52
Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Os	Pell seca	Descarni
	436,68	862,74	971,56	1032,07	1389,17	2119,31
Os	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Descarni
	21,63	346,07	379,8	515,75	1032,07	1251,62
Petxina	Fusta fresca	Os	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	289,06	346,07	436,68	444,12	685,09	1272,9

Taules A-10-10-2 – Per al conjunt de téxels de –51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	579,28	681,15	1348,14	2043,31	1618,78	1661,66
Pell fresca	579,28	-	64,37	416,26	863,93	559,98	614
Pell seca	681,15	64,37	-	682,78	1322,43	854,63	1029,19
Fusta fresca	1348,14	416,26	682,78	-	550,68	43,02	374,29
Fusta seca	2043,31	863,93	1322,43	550,68	-	623,42	83,94
Os	1618,78	559,98	854,63	43,02	623,42	-	430,62
Petxina	1661,66	614	1029,19	374,29	83,94	430,62	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Os	Petxina	Fusta seca
	579,28	681,15	1348,14	1618,78	1661,66	2043,31
Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Os	Descarni	Petxina	Fusta seca
	64,37	416,26	559,98	579,28	614	863,93
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Os	Petxina	Fusta seca
	64,37	681,15	682,78	854,63	1029,19	1322,43
Fusta fresca	Os	Petxina	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	43,02	374,29	416,26	550,68	682,78	1348,14
Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Os	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	83,94	550,68	623,42	863,93	1322,43	2043,31
Os	Fusta fresca	Petxina	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	43,02	430,62	559,98	623,42	854,63	1618,78
Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Os	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	83,94	374,29	430,62	614	1029,19	1661,66

Taules A.10.10.3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	46,19	25,23	192,41	304,15	290,71	267,55
Pell fresca	46,19	-	24,31	95,46	175,9	169,92	145,6
Pell seca	25,23	24,31	-	159,18	265,2	251,51	230,69
Fusta fresca	192,41	95,46	159,18	-	116,93	62,12	94,59
Fusta seca	304,15	175,9	265,2	116,93	-	83,34	11,91
Os	290,71	169,92	251,51	62,12	83,34	-	61,77
Petxina	267,55	145,6	230,69	94,59	11,91	61,77	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	25,23	46,19	192,41	267,55	290,71	304,15
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	24,31	46,19	95,46	145,6	169,92	175,9
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Os	Fusta seca
	24,31	25,23	159,18	230,69	251,51	265,2
Fusta fresca	Os	Petxina	Pell fresca	Fusta seca	Pell seca	Descarni
	62,12	94,59	95,46	116,93	159,18	192,41
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	11,91	83,34	116,93	175,9	265,2	304,15
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	61,77	62,12	83,34	169,92	251,51	290,71
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	11,91	61,77	94,59	145,6	230,69	267,55

Taules A.10.10.4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	44,01	75,7	141,29	205,14	240,33	210,57
Pell fresca	44,01	-	89,48	57,82	104,97	132,35	105,94
Pell seca	75,7	89,48	-	197,67	242,8	306,97	245,98
Fusta fresca	141,29	57,82	197,67	-	80,03	89,37	86,67
Fusta seca	205,14	104,97	242,8	80,03	-	34,69	7,16
Os	240,33	132,35	306,97	89,37	34,69	-	43,82
Petxina	210,57	105,94	245,98	86,67	7,16	43,82	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	44,01	75,7	141,29	205,14	210,57	240,33
Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Os
	44,01	57,82	89,48	104,97	105,94	132,35
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	75,7	89,48	197,67	242,8	245,98	306,97
Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Petxina	Os	Descarni	Pell seca
	57,82	80,03	86,67	89,37	141,29	197,67
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	7,16	34,69	80,03	104,97	205,14	242,8
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	34,69	43,82	89,37	132,35	240,33	306,97
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	7,16	43,82	86,67	105,94	210,57	245,98

Taules A.10.10.5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	9,38	9,27	5,67	19,83	46,39	18,47
Pell fresca	9,38	-	0,23	18,43	22,63	65,79	36,02
Pell seca	9,27	0,23	-	19,01	23,86	59,9	33,08
Fusta fresca	5,67	18,43	19,01	-	20,01	43,65	13,63
Fusta seca	19,83	22,63	23,86	20,01	-	6,98	16,08
Os	46,39	65,79	59,9	43,65	6,98	-	34,69
Petxina	18,47	36,02	33,08	13,63	16,08	34,69	-

Descarni	Fusta fresca	Pell seca	Pell fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	5,67	9,27	9,38	18,47	19,83	46,39
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	0,23	9,38	18,43	22,63	36,02	65,79
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	0,23	9,27	19,01	23,86	33,08	59,9
Fusta fresca	Descarni	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Os
	5,67	13,63	18,43	19,01	20,01	43,65
Fusta seca	Os	Petxina	Descarni	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca
	6,98	16,08	19,83	20,01	22,63	23,86
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Descarni	Pell seca	Pell fresca
	6,98	34,69	43,65	46,39	59,9	65,79
Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Descarni	Pell seca	Os	Pell fresca
	13,63	16,08	18,47	33,08	34,69	36,02

Taules A.10.11 – Per a Compacitat B:

Taules A.10.11.1 – Per al total dels téxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	111,55	545,49	625,89	319,74	54,81	220,83
Pell fresca	111,55	-	260,94	307,68	117,01	145,24	59,17
Pell seca	545,49	260,94	-	118,26	151,81	584,44	188,55
Fusta fresca	625,89	307,68	118,26	-	238,67	657,67	253,89
Fusta seca	319,74	117,01	151,81	238,67	-	357,08	48,27
Os	54,81	145,24	584,44	657,67	357,08	-	255,17
Petxina	220,83	59,17	188,55	253,89	48,27	255,17	-

Descarni	Os	Pell fresca	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca
	54,81	111,55	220,83	319,74	545,49	625,89
Pell fresca	Petxina	Descarni	Fusta seca	Os	Pell seca	Fusta fresca
	59,17	111,55	117,01	145,24	260,94	307,68
Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Descarni	Os
	118,26	151,81	188,55	260,94	545,49	584,44
Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Descarni	Os
	118,26	238,67	253,89	307,68	625,89	657,67
Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Descarni	Os
	48,27	117,01	151,81	238,67	319,74	357,08
Os	Descarni	Pell fresca	Petxina	Fusta seca	Pell seca	Fusta fresca
	54,81	145,24	255,17	357,08	584,44	657,67
Petxina	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Os
	48,27	59,17	188,55	220,83	253,89	255,17

Taules A.10.11.2 – Per al conjunt de téxels de –51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	29,22	496,32	414	140,23	171,86	67,47
Pell fresca	29,22	-	300,81	234,97	65,57	142,1	21,39
Pell seca	496,32	300,81	-	25,6	272,92	628,19	280,15
Fusta fresca	414	234,97	25,6	-	214,33	529,47	218,28
Fusta seca	140,23	65,57	272,92	214,33	-	271,52	40,39
Os	171,86	142,1	628,19	529,47	271,52	-	182,42
Petxina	67,47	21,39	280,15	218,28	40,39	182,42	-

Descarni	Pell fresca	Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell seca
	29,22	67,47	140,23	171,86	414	496,32
Pell fresca	Petxina	Descarni	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell seca
	21,39	29,22	65,57	142,1	234,97	300,81
Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Descarni	Os
	25,6	272,92	280,15	300,81	496,32	628,19
Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Descarni	Os
	25,6	214,33	218,28	234,97	414	529,47
Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Os	Pell seca
	40,39	65,57	140,23	214,33	271,52	272,92
Os	Pell fresca	Descarni	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell seca
	142,1	171,86	182,42	271,52	529,47	628,19
Petxina	Pell fresca	Fusta seca	Descarni	Os	Fusta fresca	Pell seca
	21,39	40,39	67,47	182,42	218,28	280,15

Taules A.10.11.3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	49,72	65,05	85,63	82,39	0,69	36,54
Pell fresca	49,72	-	1,03	14,47	14,85	53,93	14,36
Pell seca	65,05	1,03	-	21,85	21,52	68,77	18,73
Fusta fresca	85,63	14,47	21,85	-	0,29	91,03	36,09
Fusta seca	82,39	14,85	21,52	0,29	-	88,41	34,14
Os	0,69	53,93	68,77	91,03	88,41	-	38,13
Petxina	36,54	14,36	18,73	36,09	34,14	38,13	-

Descarni	Os	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca
	0,69	36,54	49,72	65,05	82,39	85,63
Pell fresca	Pell seca	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Descarni	Os
	1,03	14,36	14,47	14,85	49,72	53,93
Pell seca	Pell fresca	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Descarni	Os
	1,03	18,73	21,52	21,85	65,05	68,77
Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Petxina	Descarni	Os
	0,29	14,47	21,85	36,09	85,63	91,03
Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Petxina	Descarni	Os
	0,29	14,85	21,52	34,14	82,39	88,41
Os	Descarni	Petxina	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca
	0,69	38,13	53,93	68,77	88,41	91,03
Petxina	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Descarni	Os
	14,36	18,73	34,14	36,09	36,54	38,13

Taules A.10.11.4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	23,81	6,93	42,81	44,05	28,09	16,84
Pell fresca	23,81	-	25,95	5,69	9,11	52,45	29,83
Pell seca	6,93	25,95	-	45,18	45,05	17,94	10,29
Fusta fresca	42,81	5,69	45,18	-	5,77	79,46	54,22
Fusta seca	44,05	9,11	45,05	5,77	-	79,19	52,38
Os	28,09	52,45	17,94	79,46	79,19	-	4,15
Petxina	16,84	29,83	10,29	54,22	52,38	4,15	-

Descarni	Pell seca	Petxina	Pell fresca	Os	Fusta fresca	Fusta seca
	6,93	16,84	23,81	28,09	42,81	44,05
Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca	Descarni	Pell seca	Petxina	Os
	5,69	9,11	23,81	25,95	29,83	52,45
Pell seca	Descarni	Petxina	Os	Pell fresca	Fusta seca	Fusta fresca
	6,93	10,29	17,94	25,95	45,05	45,18
Fusta fresca	Pell fresca	Fusta seca	Descarni	Pell seca	Petxina	Os
	5,69	5,77	42,81	45,18	54,22	79,46
Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca	Petxina	Os
	5,77	9,11	44,05	45,05	52,38	79,19
Os	Petxina	Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta seca	Fusta fresca
	4,15	17,94	28,09	52,45	79,19	79,46
Petxina	Os	Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca
	4,15	10,29	16,84	29,83	52,38	54,22

Taules A.10.11.5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	4,88	3,79	10,67	19,41	21,99	12,05
Pell fresca	4,88	-	4,41	0,22	6,44	4,34	2,38
Pell seca	3,79	4,41	-	13,69	18,76	27,7	16,44
Fusta fresca	10,67	0,22	13,69	-	14,53	5,33	4,64
Fusta seca	19,41	6,44	18,76	14,53	-	18,72	23,16
Os	21,99	4,34	27,7	5,33	18,72	-	11,31
Petxina	12,05	2,38	16,44	4,64	23,16	11,31	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	3,79	4,88	10,67	12,05	19,41	21,99
Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Os	Pell seca	Descarni	Fusta seca
	0,22	2,38	4,34	4,41	4,88	6,44
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	3,79	4,41	13,69	16,44	18,76	27,7
Fusta fresca	Pell fresca	Petxina	Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca
	0,22	4,64	5,33	10,67	13,69	14,53
Fusta seca	Pell fresca	Fusta fresca	Os	Pell seca	Descarni	Petxina
	6,44	14,53	18,72	18,76	19,41	23,16
Os	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Descarni	Pell seca
	4,34	5,33	11,31	18,72	21,99	27,7
Petxina	Pell fresca	Fusta fresca	Os	Descarni	Pell seca	Fusta seca
	2,38	4,64	11,31	12,05	16,44	23,16

Taules A-10-12 – Per a Rectangularitat B:

Taules A-10-12-1 – Per al total dels téxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	119,1	139,33	738,03	578,2	1283,91	1097,39
Pell fresca	119,1	-	195,28	375,97	272,88	766,16	565,45
Pell seca	139,33	195,28	-	778,18	638,4	1312,13	1072,17
Fusta fresca	738,03	375,97	778,18	-	139,23	349,38	352,51
Fusta seca	578,2	272,88	638,4	139,23	-	522,58	477,87
Os	1283,91	766,16	1312,13	349,38	522,58	-	136,56
Petxina	1097,39	565,45	1072,17	352,51	477,87	136,56	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	119,1	139,33	578,2	738,03	1097,39	1283,91
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	119,1	195,28	272,88	375,97	565,45	766,16
Pell seca	Descarni	Pell fresca	Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os
	139,33	195,28	638,4	778,18	1072,17	1312,13
Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	139,23	349,38	352,51	375,97	738,03	778,18
Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Petxina	Os	Descarni	Pell seca
	139,23	272,88	477,87	522,58	578,2	638,4
Os	Petxina	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	136,56	349,38	522,58	766,16	1283,91	1312,13
Petxina	Os	Fusta fresca	Fusta seca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	136,56	352,51	477,87	565,45	1072,17	1097,39

Taules A-10-12-2 – Per al conjunt de téxels de -51 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	25,22	101,15	172,55	341,2	353,53	291,81
Pell fresca	25,22	-	42,81	125,13	231,84	259,12	178,04
Pell seca	101,15	42,81	-	236,69	393,07	421,89	328,94
Fusta fresca	172,55	125,13	236,69	-	130,16	123,03	105,04
Fusta seca	341,2	231,84	393,07	130,16	-	30,87	0,28
Os	353,53	259,12	421,89	123,03	30,87	-	25,56
Petxina	291,81	178,04	328,94	105,04	0,28	25,56	-

Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	25,22	101,15	172,55	291,81	341,2	353,53
Pell fresca	Descarni	Pell seca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	25,22	42,81	125,13	178,04	231,84	259,12
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	42,81	101,15	236,69	328,94	393,07	421,89
Fusta fresca	Petxina	Os	Pell fresca	Fusta seca	Descarni	Pell seca
	105,04	123,03	125,13	130,16	172,55	236,69
Fusta seca	Petxina	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	0,28	30,87	130,16	231,84	341,2	393,07
Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	25,56	30,87	123,03	259,12	353,53	421,89
Petxina	Fusta seca	Os	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca
	0,28	25,56	105,04	178,04	291,81	328,94

Taules A.10.12.3 – Per al conjunt de téxels de +50 a –101 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	64,79	41,45	93,27	151,99	190,36	137,94
Pell fresca	64,79	-	27,24	11,11	54,22	72,55	46,54
Pell seca	41,45	27,24	-	47,76	102,93	129,78	91,59
Fusta fresca	93,27	11,11	47,76	-	55,54	69,13	48,35
Fusta seca	151,99	54,22	102,93	55,54	-	3,03	1,83
Os	190,36	72,55	129,78	69,13	3,03	-	0,42
Petxina	137,94	46,54	91,59	48,35	1,83	0,42	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	41,45	64,79	93,27	137,94	151,99	190,36
Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Petxina	Fusta seca	Descarni	Os
	11,11	27,24	46,54	54,22	64,79	72,55
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Petxina	Fusta seca	Os
	27,24	41,45	47,76	91,59	102,93	129,78
Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Petxina	Fusta seca	Os	Descarni
	11,11	47,76	48,35	55,54	69,13	93,27
Fusta seca	Petxina	Os	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	1,83	3,03	54,22	55,54	102,93	151,99
Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	0,42	3,03	69,13	72,55	129,78	190,36
Petxina	Os	Fusta seca	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Descarni
	0,42	1,83	46,54	48,35	91,59	137,94

Taules A.10.12.4 – Per al conjunt de téxels de +100 a –1001 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	32,58	27,93	114,37	114,54	194,45	138,46
Pell fresca	32,58	-	9,8	48,48	49,34	107,48	66,38
Pell seca	27,93	9,8	-	74,14	76,38	143,85	99,15
Fusta fresca	114,37	48,48	74,14	-	11,95	56,01	39,99
Fusta seca	114,54	49,34	76,38	11,95	-	36,45	25,71
Os	194,45	107,48	143,85	56,01	36,45	-	0,93
Petxina	138,46	66,38	99,15	39,99	25,71	0,93	-

Descarni	Pell seca	Pell fresca	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	27,93	32,58	114,37	114,54	138,46	194,45
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	9,8	32,58	48,48	49,34	66,38	107,48
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	9,8	27,93	74,14	76,38	99,15	143,85
Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Pell fresca	Os	Pell seca	Descarni
	11,95	39,99	48,48	56,01	74,14	114,37
Fusta seca	Fusta fresca	Petxina	Os	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	11,95	25,71	36,45	49,34	76,38	114,54
Os	Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	0,93	36,45	56,01	107,48	143,85	194,45
Petxina	Os	Fusta seca	Fusta fresca	Pell fresca	Pell seca	Descarni
	0,93	25,71	39,99	66,38	99,15	138,46

Taules A.10.12.5 – Per al conjunt de téxels de +1000 píxels.

	Descarni	Pell fresca	Pell seca	Fusta fresca	Fusta seca	Os	Petxina
Descarni	-	4,78	8,02	7,34	15	52,28	20,72
Pell fresca	4,78	-	1	9,21	12,61	52,7	24,74
Pell seca	8,02	1	-	15,79	19,86	63,77	31,02
Fusta fresca	7,34	9,21	15,79	-	8,31	43,72	13,62
Fusta seca	15	12,61	19,86	8,31	-	26,27	0,1
Os	52,28	52,7	63,77	43,72	26,27	-	27,21
Petxina	20,72	24,74	31,02	13,62	0,1	27,21	-

Descarni	Pell fresca	Fusta fresca	Pell seca	Fusta seca	Petxina	Os
	4,78	7,34	8,02	15	20,72	52,28
Pell fresca	Pell seca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	1	4,78	9,21	12,61	24,74	52,7
Pell seca	Pell fresca	Descarni	Fusta fresca	Fusta seca	Petxina	Os
	1	8,02	15,79	19,86	31,02	63,77
Fusta fresca	Descarni	Fusta seca	Pell fresca	Petxina	Pell seca	Os
	7,34	8,31	9,21	13,62	15,79	43,72
Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Pell fresca	Descarni	Pell seca	Os
	0,1	8,31	12,61	15	19,86	26,27
Os	Fusta seca	Petxina	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca	Pell seca
	26,27	27,21	43,72	52,28	52,7	63,77
Petxina	Fusta seca	Fusta fresca	Descarni	Pell fresca	Os	Pell seca
	0,1	13,62	20,72	24,74	27,21	31,02

Taules A-11 – Resultats de les proves de comparacions de mitges (grups homogenis) per a les Mitges i les Desviacions Típiques en la base de dades d’imatges.

Taula A-11.1 – Grups homogenis per a MNAR.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4	
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	43,819				
	pell seca	103	47,731				
	descarni	90	52,561				
	fusta seca	104	65,667	65,667			
	fusta fresca	96		77,746			
	petxina	101			124,900		
	os	182			134,085		
	Sig.			0,155	0,247	0,379	
	HSD de Tukey	pell fresca	32	43,819			
pell seca		103	47,731	47,731			
descarni		90	52,561	52,561			
fusta seca		104	65,667	65,667			
fusta fresca		96		77,746			
petxina		101			124,900		
os		182			134,085		
Sig.				0,356	0,061	0,976	
Duncan		pell fresca	32	43,819			
	pell seca	103	47,731				
	descarni	90	52,561				
	fusta seca	104	65,667	65,667			
	fusta fresca	96		77,746			
	petxina	101			124,900		
	os	182			134,085		
	Sig.			0,055	0,247	0,379	
	F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	43,819			
pell seca		103	47,731				
descarni		90	52,561	52,561			
fusta seca		104	65,667	65,667			
fusta fresca		96		77,746			
petxina		101			124,900		
os		182			134,085		
Sig.				0,285	0,079	0,655	
Waller-Duncan		pell fresca	32	43,819			
	pell seca	103	47,731	47,731			
	descarni	90	52,561	52,561			
	fusta seca	104		65,667	65,667		
	fusta fresca	96			77,746		
	petxina	101				124,900	
	os	182				134,085	

Taula A-11.2 – Grups homogenis per a MNMEAN.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	100,975			
	descarni	90	101,988			
	pell seca	103		105,020		
	os	182		105,084		
	fusta seca	104		105,302		
	fusta fresca	96		105,462		
	petxina	101		106,400		
	Sig.			0,064	0,085	
HSD de Tukey	pell fresca	32	100,975			
	descarni	90	101,988			
	pell seca	103		105,020		
	os	182		105,084		
	fusta seca	104		105,302		
	fusta fresca	96		105,462		
	petxina	101		106,400		
	Sig.			0,511	0,149	
Duncan	pell fresca	32	100,975			
	descarni	90	101,988			
	pell seca	103		105,020		
	os	182		105,084		
	fusta seca	104		105,302	105,302	
	fusta fresca	96		105,462	105,462	
	petxina	101			106,400	
	Sig.			0,064	0,468	0,056
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	100,975			
	descarni	90	101,988			
	pell seca	103		105,020		
	os	182		105,084		
	fusta seca	104		105,302	105,302	
	fusta fresca	96		105,462	105,462	
	petxina	101			106,400	
	Sig.			0,445	0,924	0,115
Waller-Duncan	pell fresca	32	100,975			
	descarni	90		101,988		
	pell seca	103			105,020	
	os	182			105,084	
	fusta seca	104			105,302	
	fusta fresca	96			105,462	105,462
	petxina	101				106,400

Taula A-11-3 – Grups homogenis per a MNSD.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	petxina	101	10,180			
	fusta fresca	96	10,485	10,485		
	fusta seca	104	10,763	10,763		
	pell seca	103		11,436		
	os	182		11,477		
	descarni	90			14,650	
	pell fresca	32			15,002	
	Sig.			0,302	0,058	0,371
HSD de Tukey	petxina	101	10,180			
	fusta fresca	96	10,485	10,485		
	fusta seca	104	10,763	10,763		
	pell seca	103		11,436		
	os	182		11,477		
	descarni	90			14,650	
	pell fresca	32			15,002	
	Sig.			0,758	0,154	0,974
Duncan	petxina	101	10,180			
	fusta fresca	96	10,485			
	fusta seca	104	10,763	10,763		
	pell seca	103		11,436		
	os	182		11,477		
	descarni	90			14,650	
	pell fresca	32			15,002	
	Sig.			0,164	0,087	0,371
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	petxina	101	10,180			
	fusta fresca	96	10,485			
	fusta seca	104	10,763	10,763		
	pell seca	103		11,436		
	os	182		11,477		
	descarni	90			14,650	
	pell fresca	32			15,002	
	Sig.			0,485	0,114	0,907
Waller-Duncan	petxina	101	10,180			
	fusta fresca	96	10,485			
	fusta seca	104	10,763	10,763		
	pell seca	103		11,436	11,436	
	os	182			11,477	
	descarni	90				14,650
	pell fresca	32				15,002

Taula A-11.4 – Grups homogenis per a MNMOD.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	100,906			
	descarni	90		102,585		
	fusta seca	104			105,286	
	pell seca	103			105,463	
	fusta fresca	96			105,535	
	os	182			106,335	106,335
	petxina	101				107,410
	Sig.			1,000	1,000	0,463
HSD de Tukey	pell fresca	32	100,906			
	descarni	90	102,585			
	fusta seca	104		105,286		
	pell seca	103		105,463	105,463	
	fusta fresca	96		105,535	105,535	
	os	182		106,335	106,335	
	petxina	101			107,410	
	Sig.			0,227	0,769	0,096
Duncan	pell fresca	32	100,906			
	descarni	90		102,585		
	fusta seca	104			105,286	
	pell seca	103			105,463	
	fusta fresca	96			105,535	
	os	182			106,335	106,335
	petxina	101				107,410
	Sig.			1,000	1,000	0,187
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	100,906			
	descarni	90	102,585			
	fusta seca	104		105,286		
	pell seca	103		105,463		
	fusta fresca	96		105,535		
	os	182		106,335	106,335	
	petxina	101			107,410	
	Sig.			0,234	0,316	0,186
Waller-Duncan	pell fresca	32	100,906			
	descarni	90		102,585		
	fusta seca	104			105,286	
	pell seca	103			105,463	
	fusta fresca	96			105,535	
	os	182			106,335	106,335
	petxina	101				107,410

Taula A-11-5 – Grups homogenis per a MNMINLU.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	65,514			
	descarni	90	66,750			
	os	182		77,556		
	pell seca	103		78,769	78,769	
	fusta seca	104			81,124	
	fusta fresca	96			81,909	
	petxina	101			81,916	
	Sig.			0,375	0,384	0,108
HSD de Tukey	pell fresca	32	65,514			
	descarni	90	66,750			
	os	182		77,556		
	pell seca	103		78,769	78,769	
	fusta seca	104		81,124	81,124	
	fusta fresca	96			81,909	
	petxina	101			81,916	
	Sig.			0,975	0,139	0,265
Duncan	pell fresca	32	65,514			
	descarni	90	66,750			
	os	182		77,556		
	pell seca	103		78,769	78,769	
	fusta seca	104			81,124	81,124
	fusta fresca	96				81,909
	petxina	101				81,916
	Sig.			0,375	0,384	0,091
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	65,514			
	descarni	90	66,750			
	os	182		77,556		
	pell seca	103		78,769	78,769	
	fusta seca	104			81,124	
	fusta fresca	96			81,909	
	petxina	101			81,916	
	Sig.			0,909	0,659	0,060
Waller-Duncan	pell fresca	32	65,514			
	descarni	90	66,750			
	os	182		77,556		
	pell seca	103		78,769	78,769	
	fusta seca	104			81,124	81,124
	fusta fresca	96				81,909
	petxina	101				81,916

Taula A-11-6 – Grups homogenis per a MNELO.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2
Student-Newman-Keuls	descarni	90	2,017	
	pell fresca	32	2,064	2,064
	petxina	101	2,074	2,074
	pell seca	103	2,083	2,083
	os	182		2,093
	fusta fresca	96		2,104
	fusta seca	104		2,114
	Sig.			0,056
HSD de Tukey	descarni	90	2,017	
	pell fresca	32	2,064	2,064
	petxina	101	2,074	2,074
	pell seca	103	2,083	2,083
	os	182	2,093	2,093
	fusta fresca	96		2,104
	fusta seca	104		2,114
	Sig.			0,054
Duncan	descarni	90	2,017	
	pell fresca	32	2,064	2,064
	petxina	101		2,074
	pell seca	103		2,083
	os	182		2,093
	fusta fresca	96		2,104
	fusta seca	104		2,114
	Sig.			0,068
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	descarni	90	2,017	2,064
	pell fresca	32	2,064	2,074
	petxina	101	2,074	2,083
	pell seca	103	2,083	2,093
	os	182		2,104
	fusta fresca	96		2,114
	fusta seca	104		0,707
	Sig.			0,054
Waller-Duncan	descarni	90	2,017	2,064
	pell fresca	32	2,064	2,074
	petxina	101		2,083
	pell seca	103		2,093
	os	182		2,104
	fusta fresca	96		2,114
	fusta seca	104		0,707

Taula A-11.7 – Grups homogenis per a MNCIR.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	descarni	90	0,337			
	pell seca	103	0,342	0,342		
	pell fresca	32	0,348	0,348		
	fusta fresca	96		0,358		
	petxina	101			0,376	
	os	182			0,382	0,382
	fusta seca	104				0,396
	Sig.			0,372	0,105	0,467
HSD de Tukey	descarni	90	0,337			
	pell seca	103	0,342			
	pell fresca	32	0,348			
	fusta fresca	96	0,358	0,358		
	petxina	101		0,376	0,376	
	os	182			0,382	
	fusta seca	104			0,396	
	Sig.			0,127	0,234	0,147
Duncan	descarni	90	0,337			
	pell seca	103	0,342	0,342		
	pell fresca	32	0,348	0,348		
	fusta fresca	96		0,358		
	petxina	101			0,376	
	os	182			0,382	0,382
	fusta seca	104				0,396
	Sig.			0,208	0,054	0,467
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	descarni	90	0,337			
	pell seca	103	0,342			
	pell fresca	32	0,348			
	fusta fresca	96	0,358			
	petxina	101		0,376		
	os	182		0,382	0,382	
	fusta seca	104			0,396	
	Sig.			0,055	0,784	0,069
Waller-Duncan	descarni	90	0,337			
	pell seca	103	0,342			
	pell fresca	32	0,348	0,348		
	fusta fresca	96		0,358		
	petxina	101			0,376	
	os	182			0,382	
	fusta seca	104				0,396

Taula A-11-8 – Grups homogenis per a MNQUA.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	fusta seca	104	1,648			
	os	182		1,713		
	petxina	101		1,733		
	fusta fresca	96		1,756	1,756	
	pell fresca	32		1,758	1,758	
	pell seca	103		1,766	1,766	
	descarni	90			1,791	
	Sig.			1,000	0,089	0,327
HSD de Tukey	fusta seca	104	1,648			
	os	182		1,713		
	petxina	101		1,733	1,733	
	fusta fresca	96		1,756	1,756	
	pell fresca	32		1,758	1,758	
	pell seca	103		1,766	1,766	
	descarni	90			1,791	
	Sig.			1,000	0,157	0,087
Duncan	fusta seca	104	1,648			
	os	182		1,713		
	petxina	101		1,733	1,733	
	fusta fresca	96		1,756	1,756	1,756
	pell fresca	32		1,758	1,758	1,758
	pell seca	103			1,766	1,766
	descarni	90				1,791
	Sig.			1,000	0,050	0,168
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta seca	104	1,648			
	os	182		1,713		
	petxina	101		1,733	1,733	
	fusta fresca	96		1,756	1,756	
	pell fresca	32		1,758	1,758	
	pell seca	103			1,766	
	descarni	90			1,791	
	Sig.			1,000	0,081	0,077
Waller-Duncan	fusta seca	104	1,648			
	os	182		1,713		
	petxina	101		1,733	1,733	
	fusta fresca	96			1,756	1,756
	pell fresca	32			1,758	1,758
	pell seca	103			1,766	1,766
	descarni	90				1,791

Taula A-11-9 – Grups homogenis per a MNRCT.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	descarni	90	0,119			
	pell seca	103	0,120			
	pell fresca	32	0,124			
	fusta fresca	96	0,129			
	petxina	101		0,139		
	os	182		0,142	0,142	
	fusta seca	104			0,150	
	Sig.			0,099	0,514	0,084
HSD de Tukey	descarni	90	0,119			
	pell seca	103	0,120			
	pell fresca	32	0,124			
	fusta fresca	96	0,129	0,129		
	petxina	101		0,139	0,139	
	os	182			0,142	
	fusta seca	104			0,150	
	Sig.			0,246	0,218	0,208
Duncan	descarni	90	0,119			
	pell seca	103	0,120			
	pell fresca	32	0,124	0,124		
	fusta fresca	96		0,129		
	petxina	101			0,139	
	os	182			0,142	0,142
	fusta seca	104				0,150
	Sig.			0,251	0,284	0,514
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	descarni	90	0,119			
	pell seca	103	0,120			
	pell fresca	32	0,124			
	fusta fresca	96	0,129			
	petxina	101		0,139		
	os	182		0,142	0,142	
	fusta seca	104			0,150	
	Sig.			0,085	0,838	0,091
Waller-Duncan	descarni	90	0,119			
	pell seca	103	0,120			
	pell fresca	32	0,124	0,124		
	fusta fresca	96		0,129		
	petxina	101			0,139	
	os	182			0,142	0,142
	fusta seca	104				0,150

Taula A-11-10 – Grups homogenis per a MNCOA.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2
Student-Newman-Keuls	fusta seca	104	51,290	
	pell fresca	32		57,055
	os	182		57,197
	pell seca	103		58,391
	petxina	101		58,980
	fusta fresca	96		59,195
	descarni	90		59,995
	Sig.			1,000
HSD de Tukey	fusta seca	104	51,290	
	pell fresca	32		57,055
	os	182		57,197
	pell seca	103		58,391
	petxina	101		58,980
	fusta fresca	96		59,195
	descarni	90		59,995
	Sig.			1,000
Duncan	fusta seca	104	51,290	
	pell fresca	32		57,055
	os	182		57,197
	pell seca	103		58,391
	petxina	101		58,980
	fusta fresca	96		59,195
	descarni	90		59,995
	Sig.			1,000
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta seca	104	51,290	
	pell fresca	32		57,055
	os	182		57,197
	pell seca	103		58,391
	petxina	101		58,980
	fusta fresca	96		59,195
	descarni	90		59,995
	Sig.			1,000
Waller-Duncan	fusta seca	104	51,290	
	pell fresca	32		57,055
	os	182		57,197
	pell seca	103		58,391
	petxina	101		58,980
	fusta fresca	96		59,195
	descarni	90		59,995

Taula A-11-11 – Grups homogenis per a MNRPE.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3
Student-Newman-Keuls	fusta seca	104	4,100		
	os	182		4,311	
	petxina	101		4,323	
	fusta fresca	96		4,354	4,354
	pell fresca	32		4,401	4,401
	pell seca	103		4,416	4,416
	descarni	90			4,530
	Sig.			1,000	0,609
HSD de Tukey	fusta seca	104	4,100		
	os	182	4,311	4,311	
	petxina	101		4,323	4,323
	fusta fresca	96		4,354	4,354
	pell fresca	32		4,401	4,401
	pell seca	103		4,416	4,416
	descarni	90			4,530
	Sig.			0,062	0,787
Duncan	fusta seca	104	4,100		
	os	182		4,311	
	petxina	101		4,323	
	fusta fresca	96		4,354	
	pell fresca	32		4,401	4,401
	pell seca	103		4,416	4,416
	descarni	90			4,530
	Sig.			1,000	0,209
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta seca	104	4,100		
	os	182		4,311	
	petxina	101		4,323	
	fusta fresca	96		4,354	4,354
	pell fresca	32		4,401	4,401
	pell seca	103		4,416	4,416
	descarni	90			4,530
	Sig.			1,000	0,506
Waller-Duncan	fusta seca	104	4,100		
	os	182		4,311	
	petxina	101		4,323	
	fusta fresca	96		4,354	
	pell fresca	32		4,401	4,401
	pell seca	103		4,416	4,416
	descarni	90			4,530

Taula A-11.12 – Grups homogenis per a MNDIA.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell seca	103	6,090			
	pell fresca	32	6,152			
	descarni	90	6,251			
	fusta seca	104	6,645	6,645		
	fusta fresca	96		7,000		
	petxina	101			8,020	
	os	182			8,247	
	Sig.			0,074	0,123	0,324
HSD de Tukey	pell seca	103	6,090			
	pell fresca	32	6,152			
	descarni	90	6,251			
	fusta seca	104	6,645	6,645		
	fusta fresca	96		7,000		
	petxina	101			8,020	
	os	182			8,247	
	Sig.			0,191	0,720	0,957
Duncan	pell seca	103	6,090			
	pell fresca	32	6,152			
	descarni	90	6,251	6,251		
	fusta seca	104		6,645	6,645	
	fusta fresca	96			7,000	
	petxina	101				8,020
	os	182				8,247
	Sig.			0,513	0,086	0,123
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell seca	103	6,090			
	pell fresca	32	6,152			
	descarni	90	6,251			
	fusta seca	104	6,645	6,645		
	fusta fresca	96		7,000		
	petxina	101			8,020	
	os	182			8,247	
	Sig.			0,067	0,269	0,561
Waller-Duncan	pell seca	103	6,090			
	pell fresca	32	6,152			
	descarni	90	6,251	6,251		
	fusta seca	104		6,645	6,645	
	fusta fresca	96			7,000	
	petxina	101				8,020
	os	182				8,247

Taula A-11-13 – Grups homogenis per a MNCOB.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3
Student-Newman-Keuls	fusta fresca	96	0,709		
	pell seca	103	0,712		
	fusta seca	104	0,713	0,713	
	petxina	101	0,715	0,715	
	pell fresca	32	0,715	0,715	
	os	182	0,717	0,717	
	descarni	90		0,721	
	Sig.			0,077	0,112
HSD de Tukey	fusta fresca	96	0,709		
	pell seca	103	0,712		
	fusta seca	104	0,713	0,713	
	petxina	101	0,715	0,715	
	pell fresca	32	0,715	0,715	
	os	182	0,717	0,717	
	descarni	90		0,721	
	Sig.			0,100	0,194
Duncan	fusta fresca	96	0,709		
	pell seca	103	0,712	0,712	
	fusta seca	104	0,713	0,713	
	petxina	101	0,715	0,715	0,715
	pell fresca	32	0,715	0,715	0,715
	os	182		0,717	0,717
	descarni	90			0,721
	Sig.			0,077	0,085
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta fresca	96	0,709		
	pell seca	103	0,712	0,712	
	fusta seca	104	0,713	0,713	0,713
	petxina	101	0,715	0,715	0,715
	pell fresca	32	0,715	0,715	0,715
	os	182		0,717	0,717
	descarni	90			0,721
	Sig.			0,311	0,191
Waller-Duncan	fusta fresca	96	0,709		
	pell seca	103	0,712	0,712	
	fusta seca	104	0,713	0,713	
	petxina	101	0,715	0,715	0,715
	pell fresca	32	0,715	0,715	0,715
	os	182		0,717	0,717
	descarni	90			0,721

Taula A-11-14 – Grups homogenis per a MNREB.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	13,376			
	pell seca	103	13,639			
	descarni	90	14,875			
	fusta seca	104	19,807	19,807		
	fusta fresca	96		22,025		
	petxina	101			34,712	
	os	182			39,727	
	Sig.			0,140	0,461	0,095
HSD de Tukey	pell fresca	32	13,376			
	pell seca	103	13,639			
	descarni	90	14,875			
	fusta seca	104	19,807			
	fusta fresca	96	22,025			
	petxina	101		34,712		
	os	182		39,727		
	Sig.			0,061	0,637	
Duncan	pell fresca	32	13,376			
	pell seca	103	13,639	13,639		
	descarni	90	14,875	14,875		
	fusta seca	104		19,807	19,807	
	fusta fresca	96			22,025	
	petxina	101				34,712
	os	182				39,727
	Sig.			0,642	0,051	0,461
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	13,376			
	pell seca	103	13,639			
	descarni	90	14,875	14,875		
	fusta seca	104	19,807	19,807		
	fusta fresca	96		22,025		
	petxina	101			34,712	
	os	182			39,727	
	Sig.			0,142	0,075	0,113
Waller-Duncan	pell fresca	32	13,376			
	pell seca	103	13,639			
	descarni	90	14,875	14,875		
	fusta seca	104		19,807	19,807	
	fusta fresca	96			22,025	
	petxina	101				34,712
	os	182				39,727

Taula A-11-15 – Grups homogenis per a SDAR.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	93,734			
	pell seca	103	124,151	124,151		
	descarni	90	162,578	162,578	162,578	
	fusta seca	104		210,623	210,623	
	fusta fresca	96			265,335	
	os	182				462,101
	petxina	101				485,978
	Sig.			0,276	0,132	0,058
HSD de Tukey	pell fresca	32	93,734			
	pell seca	103	124,151			
	descarni	90	162,578	162,578		
	fusta seca	104	210,623	210,623		
	fusta fresca	96		265,335		
	os	182			462,101	
	petxina	101			485,978	
	Sig.			0,125	0,250	0,998
Duncan	pell fresca	32	93,734			
	pell seca	103	124,151	124,151		
	descarni	90	162,578	162,578		
	fusta seca	104		210,623	210,623	
	fusta fresca	96			265,335	
	os	182				462,101
	petxina	101				485,978
	Sig.			0,149	0,068	0,223
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	93,734			
	pell seca	103	124,151			
	descarni	90	162,578	162,578		
	fusta seca	104	210,623	210,623		
	fusta fresca	96		265,335		
	os	182			462,101	
	petxina	101			485,978	
	Sig.			0,142	0,109	0,911
Waller-Duncan	pell fresca	32	93,734			
	pell seca	103	124,151			
	descarni	90	162,578	162,578		
	fusta seca	104		210,623	210,623	
	fusta fresca	96			265,335	
	os	182				462,101
	petxina	101				485,978

Taula A-11-16 – Grups homogenis per a SDMEAN.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell seca	103	5,802			
	fusta fresca	96	5,882			
	fusta seca	104	6,258	6,258		
	petxina	101		6,793		
	pell fresca	32			7,615	
	descarni	90			7,791	
	os	182			8,010	
	Sig.			0,275	0,072	0,380
HSD de Tukey	pell seca	103	5,802			
	fusta fresca	96	5,882			
	fusta seca	104	6,258	6,258		
	petxina	101		6,793	6,793	
	pell fresca	32			7,615	7,615
	descarni	90				7,791
	os	182				8,010
	Sig.			0,725	0,547	0,084
Duncan	pell seca	103	5,802			
	fusta fresca	96	5,882			
	fusta seca	104	6,258	6,258		
	petxina	101		6,793		
	pell fresca	32			7,615	
	descarni	90			7,791	
	os	182			8,010	
	Sig.			0,149	0,072	0,212
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell seca	103	5,802			
	fusta fresca	96	5,882			
	fusta seca	104	6,258	6,258		
	petxina	101		6,793	6,793	
	pell fresca	32			7,615	7,615
	descarni	90				7,791
	os	182				8,010
	Sig.			0,368	0,139	0,107
Waller-Duncan	pell seca	103	5,802			
	fusta fresca	96	5,882			
	fusta seca	104	6,258			
	petxina	101		6,793		
	pell fresca	32			7,615	
	descarni	90			7,791	
	os	182			8,010	

Taula A-11-17 – Grups homogenis per a SDSD.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	fusta fresca	96	4,021			
	fusta seca	104	4,400			
	pell seca	103	4,449			
	petxina	101		4,934		
	pell fresca	32			5,862	
	os	182			5,863	
	descarni	90			6,244	
	Sig.			0,132	1,000	0,198
HSD de Tukey	fusta fresca	96	4,021			
	fusta seca	104	4,400	4,400		
	pell seca	103	4,449	4,449		
	petxina	101		4,934		
	pell fresca	32			5,862	
	os	182			5,863	
	descarni	90			6,244	
	Sig.			0,464	0,197	0,603
Duncan	fusta fresca	96	4,021			
	fusta seca	104	4,400			
	pell seca	103	4,449			
	petxina	101		4,934		
	pell fresca	32			5,862	
	os	182			5,863	
	descarni	90			6,244	
	Sig.			0,068	1,000	0,104
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta fresca	96	4,021			
	fusta seca	104	4,400			
	pell seca	103	4,449			
	petxina	101		4,934		
	pell fresca	32			5,862	
	os	182			5,863	
	descarni	90			6,244	
	Sig.			0,148	1,000	0,215
Waller-Duncan	fusta fresca	96	4,021			
	fusta seca	104	4,400	4,400		
	pell seca	103		4,449		
	petxina	101			4,934	
	pell fresca	32				5,862
	os	182				5,863
	descarni	90				6,244

Taula A-11-18 – Grups homogenis per a SDMOD.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3
Student-Newman-Keuls	fusta fresca	96	12,656		
	petxina	101	12,698		
	pell seca	103	13,198		
	fusta seca	104	13,217		
	os	182		15,054	
	descarni	90			18,527
	pell fresca	32			18,935
	Sig.			0,823	1,000
HSD de Tukey	fusta fresca	96	12,656		
	petxina	101	12,698		
	pell seca	103	13,198	13,198	
	fusta seca	104	13,217	13,217	
	os	182		15,054	
	descarni	90			18,527
	pell fresca	32			18,935
	Sig.			0,978	0,065
Duncan	fusta fresca	96	12,656		
	petxina	101	12,698		
	pell seca	103	13,198		
	fusta seca	104	13,217		
	os	182		15,054	
	descarni	90			18,527
	pell fresca	32			18,935
	Sig.			0,439	1,000
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta fresca	96	12,656		
	petxina	101	12,698		
	pell seca	103	13,198		
	fusta seca	104	13,217		
	os	182		15,054	
	descarni	90			18,527
	pell fresca	32			18,935
	Sig.			0,832	1,000
Waller-Duncan	fusta fresca	96	12,656		
	petxina	101	12,698		
	pell seca	103	13,198		
	fusta seca	104	13,217		
	os	182		15,054	
	descarni	90			18,527
	pell fresca	32			18,935

Taula A-11-19 – Grups homogenis per a SDMINLU.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	fusta fresca	96	16,385			
	fusta seca	104	17,348			
	pell seca	103	17,861			
	petxina	101		20,720		
	pell fresca	32			23,051	
	os	182			23,522	
	descarni	90			24,325	
	Sig.			0,171	1,000	0,268
HSD de Tukey	fusta fresca	96	16,385			
	fusta seca	104	17,348			
	pell seca	103	17,861			
	petxina	101		20,720		
	pell fresca	32		23,051	23,051	
	os	182			23,522	
	descarni	90			24,325	
	Sig.			0,551	0,068	0,715
Duncan	fusta fresca	96	16,385			
	fusta seca	104	17,348			
	pell seca	103	17,861			
	petxina	101		20,720		
	pell fresca	32			23,051	
	os	182			23,522	
	descarni	90			24,325	
	Sig.			0,090	1,000	0,144
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta fresca	96	16,385			
	fusta seca	104	17,348			
	pell seca	103	17,861			
	petxina	101		20,720		
	pell fresca	32		23,051	23,051	
	os	182			23,522	
	descarni	90			24,325	
	Sig.			0,276	0,093	0,655
Waller-Duncan	fusta fresca	96	16,385			
	fusta seca	104	17,348	17,348		
	pell seca	103		17,861		
	petxina	101			20,720	
	pell fresca	32				23,051
	os	182				23,522
	descarni	90				24,325

Taula A-11-20 – Grups homogenis per a SDELO.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3
Student-Newman-Keuls	descarni	90	0,720		
	pell seca	103	0,756	0,756	
	pell fresca	32	0,771	0,771	0,771
	fusta fresca	96	0,783	0,783	0,783
	petxina	101	0,792	0,792	0,792
	fusta seca	104		0,853	0,853
	os	182			0,868
	Sig.			0,315	0,082
HSD de Tukey	descarni	90	0,720		
	pell seca	103	0,756	0,756	
	pell fresca	32	0,771	0,771	0,771
	fusta fresca	96	0,783	0,783	0,783
	petxina	101	0,792	0,792	0,792
	fusta seca	104		0,853	0,853
	os	182			0,868
	Sig.			0,478	0,144
Duncan	descarni	90	0,720		
	pell seca	103	0,756		
	pell fresca	32	0,771		
	fusta fresca	96	0,783	0,783	
	petxina	101	0,792	0,792	0,792
	fusta seca	104		0,853	0,853
	os	182			0,868
	Sig.			0,090	0,082
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	descarni	90	0,720		
	pell seca	103	0,756	0,756	
	pell fresca	32	0,771	0,771	
	fusta fresca	96	0,783	0,783	
	petxina	101	0,792	0,792	0,792
	fusta seca	104		0,853	0,853
	os	182			0,868
	Sig.			0,360	0,077
Waller-Duncan	descarni	90	0,720		
	pell seca	103	0,756		
	pell fresca	32	0,771		
	fusta fresca	96	0,783	0,783	
	petxina	101	0,792	0,792	
	fusta seca	104		0,853	0,853
	os	182			0,868

Taula A-11-21 – Grups homogenis per a SDCIR.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3
Student-Newman-Keuls	pell seca	103	0,193		
	descarni	90	0,199	0,199	
	pell fresca	32		0,205	
	fusta fresca	96		0,207	0,207
	os	182			0,217
	fusta seca	104			0,218
	petxina	101			0,219
	Sig.			0,187	0,174
HSD de Tukey	pell seca	103	0,193		
	descarni	90	0,199	0,199	
	pell fresca	32	0,205	0,205	0,205
	fusta fresca	96		0,207	0,207
	os	182			0,217
	fusta seca	104			0,218
	petxina	101			0,219
	Sig.			0,103	0,557
Duncan	pell seca	103	0,193		
	descarni	90	0,199	0,199	
	pell fresca	32		0,205	
	fusta fresca	96		0,207	
	os	182			0,217
	fusta seca	104			0,218
	petxina	101			0,219
	Sig.			0,187	0,091
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell seca	103	0,193		
	descarni	90	0,199	0,199	
	pell fresca	32	0,205	0,205	
	fusta fresca	96		0,207	
	os	182			0,217
	fusta seca	104			0,218
	petxina	101			0,219
	Sig.			0,181	0,311
Waller-Duncan	pell seca	103	0,193		
	descarni	90	0,199	0,199	
	pell fresca	32		0,205	
	fusta fresca	96		0,207	
	os	182			0,217
	fusta seca	104			0,218
	petxina	101			0,219

Taula A-11-22 – Grups homogenis per a SDQUA.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	fusta seca	104	0,659			
	pell fresca	32	0,670			
	pell seca	103	0,691			
	descarni	90	0,710	0,710		
	fusta fresca	96		0,762	0,762	
	os	182		0,769	0,769	
	petxina	101			0,807	
	Sig.			0,304	0,118	0,279
HSD de Tukey	fusta seca	104	0,659			
	pell fresca	32	0,670			
	pell seca	103	0,691	0,691		
	descarni	90	0,710	0,710		
	fusta fresca	96		0,762	0,762	
	os	182		0,769	0,769	
	petxina	101			0,807	
	Sig.			0,591	0,118	0,730
Duncan	fusta seca	104	0,659			
	pell fresca	32	0,670			
	pell seca	103	0,691			
	descarni	90	0,710	0,710		
	fusta fresca	96		0,762	0,762	
	os	182		0,769	0,769	
	petxina	101			0,807	
	Sig.			0,114	0,061	0,151
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta seca	104	0,659			
	pell fresca	32	0,670			
	pell seca	103	0,691	0,691		
	descarni	90	0,710	0,710	0,710	
	fusta fresca	96		0,762	0,762	0,762
	os	182			0,769	0,769
	petxina	101				0,807
	Sig.			0,416	0,056	0,104
Waller-Duncan	fusta seca	104	0,659			
	pell fresca	32	0,670			
	pell seca	103	0,691			
	descarni	90	0,710	0,710		
	fusta fresca	96		0,762	0,762	
	os	182			0,769	
	petxina	101			0,807	

Taula A-11-23 – Grups homogenis per a SDRCT.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell seca	103	0,103			
	descarni	90	0,107			
	pell fresca	32	0,112	0,112		
	fusta fresca	96	0,114	0,114		
	os	182		0,122	0,122	
	petxina	101		0,122	0,122	
	fusta seca	104			0,127	
	Sig.			0,089	0,122	0,462
HSD de Tukey	pell seca	103	0,103			
	descarni	90	0,107			
	pell fresca	32	0,112	0,112		
	fusta fresca	96	0,114	0,114	0,114	
	os	182		0,122	0,122	
	petxina	101		0,122	0,122	
	fusta seca	104			0,127	
	Sig.			0,225	0,292	0,059
Duncan	pell seca	103	0,103			
	descarni	90	0,107	0,107		
	pell fresca	32	0,112	0,112		
	fusta fresca	96		0,114	0,114	
	os	182			0,122	0,122
	petxina	101			0,122	0,122
	fusta seca	104				0,127
	Sig.			0,063	0,155	0,084
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell seca	103	0,103			
	descarni	90	0,107			
	pell fresca	32	0,112	0,112		
	fusta fresca	96	0,114	0,114		
	os	182		0,122	0,122	
	petxina	101		0,122	0,122	
	fusta seca	104			0,127	
	Sig.			0,098	0,096	0,544
Waller-Duncan	pell seca	103	0,103			
	descarni	90	0,107	0,107		
	pell fresca	32		0,112		
	fusta fresca	96		0,114	0,114	
	os	182			0,122	0,122
	petxina	101			0,122	0,122
	fusta seca	104				0,127

Taula A-11-24 – Grups homogenis per a SDCOA.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	56,348			
	fusta seca	104	58,532	58,532		
	pell seca	103	64,013	64,013	64,013	
	descarni	90	65,228	65,228	65,228	
	fusta fresca	96		73,754	73,754	
	os	182		74,438	74,438	
	petxina	101			79,758	
	Sig.			0,424	0,050	0,054
HSD de Tukey	pell fresca	32	56,348			
	fusta seca	104	58,532	58,532		
	pell seca	103	64,013	64,013	64,013	
	descarni	90	65,228	65,228	65,228	
	fusta fresca	96		73,754	73,754	
	os	182		74,438	74,438	
	petxina	101			79,758	
	Sig.			0,732	0,092	0,099
Duncan	pell fresca	32	56,348			
	fusta seca	104	58,532			
	pell seca	103	64,013	64,013		
	descarni	90	65,228	65,228		
	fusta fresca	96		73,754	73,754	
	os	182		74,438	74,438	
	petxina	101			79,758	
	Sig.			0,168	0,104	0,336
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	56,348			
	fusta seca	104	58,532	58,532		
	pell seca	103	64,013	64,013	64,013	
	descarni	90	65,228	65,228	65,228	65,228
	fusta fresca	96		73,754	73,754	73,754
	os	182			74,438	74,438
	petxina	101				79,758
	Sig.			0,646	0,060	0,087
Waller-Duncan	pell fresca	32	56,348			
	fusta seca	104	58,532			
	pell seca	103	64,013	64,013		
	descarni	90	65,228	65,228		
	fusta fresca	96		73,754	73,754	
	os	182		74,438	74,438	
	petxina	101			79,758	

Taula A-11-25 – Grups homogenis per a SDIRR.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4	5
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	1,268				
	pell seca	103	1,393				
	descarni	90	1,514	1,514			
	fusta seca	104		1,696	1,696		
	fusta fresca	96			1,942	1,942	
	os	182				2,166	2,166
	petxina	101					2,409
	Sig.			0,139	0,157	0,057	0,084
HSD de Tukey	pell fresca	32	1,268				
	pell seca	103	1,393	1,393			
	descarni	90	1,514	1,514			
	fusta seca	104		1,696	1,696		
	fusta fresca	96			1,942	1,942	
	os	182				2,166	2,166
	petxina	101					2,409
	Sig.			0,482	0,220	0,480	0,596
Duncan	pell fresca	32	1,268				
	pell seca	103	1,393				
	descarni	90	1,514	1,514			
	fusta seca	104		1,696	1,696		
	fusta fresca	96			1,942	1,942	
	os	182				2,166	2,166
	petxina	101					2,409
	Sig.			0,072	0,157	0,057	0,084
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	1,268				
	pell seca	103	1,393	1,393			
	descarni	90	1,514	1,514			
	fusta seca	104		1,696	1,696		
	fusta fresca	96			1,942	1,942	
	os	182				2,166	2,166
	petxina	101					2,409
	Sig.			0,569	0,062	0,114	0,103
Waller-Duncan	pell fresca	32	1,268				
	pell seca	103	1,393	1,393			
	descarni	90		1,514	1,514		
	fusta seca	104			1,696		
	fusta fresca	96				1,942	
	os	182				2,166	
	petxina	101					2,409

Taula A-11-26 – Grups homogenis per a SDRPE.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3
Student-Newman-Keuls	fusta seca	104	1,605		
	pell fresca	32	1,683		
	pell seca	103	1,792	1,792	
	os	182	1,826	1,826	
	descarni	90	1,833	1,833	
	fusta fresca	96	1,848	1,848	
	petxina	101		1,943	
	Sig.			0,078	0,452
HSD de Tukey	fusta seca	104	1,605		
	pell fresca	32	1,683	1,683	
	pell seca	103	1,792	1,792	
	os	182	1,826	1,826	
	descarni	90	1,833	1,833	
	fusta fresca	96	1,848	1,848	
	petxina	101		1,943	
	Sig.			0,101	0,062
Duncan	fusta seca	104	1,605		
	pell fresca	32	1,683	1,683	
	pell seca	103		1,792	1,792
	os	182		1,826	1,826
	descarni	90		1,833	1,833
	fusta fresca	96		1,848	1,848
	petxina	101			1,943
	Sig.			0,389	0,105
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	fusta seca	104	1,605		
	pell fresca	32	1,683	1,683	
	pell seca	103	1,792	1,792	
	os	182		1,826	
	descarni	90		1,833	
	fusta fresca	96		1,848	
	petxina	101		1,943	
	Sig.			0,142	0,259
Waller-Duncan	fusta seca	104	1,605		
	pell fresca	32	1,683	1,683	
	pell seca	103	1,792	1,792	1,792
	os	182		1,826	1,826
	descarni	90		1,833	1,833
	fusta fresca	96		1,848	1,848
	petxina	101			1,943

Taula A-11-27 – Grups homogenis per a SDFDIA.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	3,717			
	pell seca	103	4,035			
	descarni	90	4,447	4,447		
	fusta seca	104		5,448	5,448	
	fusta fresca	96			6,317	
	os	182				9,083
	petxina	101				9,232
	Sig.			0,346	0,057	0,098
HSD de Tukey	pell fresca	32	3,717			
	pell seca	103	4,035	4,035		
	descarni	90	4,447	4,447		
	fusta seca	104		5,448	5,448	
	fusta fresca	96			6,317	
	os	182				9,083
	petxina	101				9,232
	Sig.			0,807	0,101	0,647
Duncan	pell fresca	32	3,717			
	pell seca	103	4,035			
	descarni	90	4,447	4,447		
	fusta seca	104		5,448	5,448	
	fusta fresca	96			6,317	
	os	182				9,083
	petxina	101				9,232
	Sig.			0,191	0,057	0,098
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	3,717			
	pell seca	103	4,035			
	descarni	90	4,447	4,447		
	fusta seca	104		5,448	5,448	
	fusta fresca	96			6,317	
	os	182				9,083
	petxina	101				9,232
	Sig.			0,802	0,124	0,210
Waller-Duncan	pell fresca	32	3,717			
	pell seca	103	4,035			
	descarni	90	4,447			
	fusta seca	104		5,448		
	fusta fresca	96		6,317		
	os	182				9,083
	petxina	101				9,232

Taula A-11-28 – Grups homogenis per a SDCOB.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	descarni	90	0,113			
	pell seca	103	0,114			
	fusta fresca	96	0,115	0,115		
	pell fresca	32	0,115	0,115		
	petxina	101	0,117	0,117		
	os	182		0,120		
	fusta seca	104		0,120		
	Sig.			0,241	0,073	
HSD de Tukey	descarni	90	0,113			
	pell seca	103	0,114			
	fusta fresca	96	0,115	0,115		
	pell fresca	32	0,115	0,115		
	petxina	101	0,117	0,117		
	os	182		0,120		
	fusta seca	104		0,120		
	Sig.			0,381	0,130	
Duncan	descarni	90	0,113			
	pell seca	103	0,114			
	fusta fresca	96	0,115			
	pell fresca	32	0,115			
	petxina	101	0,117	0,117		
	os	182		0,120		
	fusta seca	104		0,120		
	Sig.			0,067	0,072	
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	descarni	90	0,113			
	pell seca	103	0,114			
	fusta fresca	96	0,115			
	pell fresca	32	0,115	0,115		
	petxina	101	0,117	0,117		
	os	182		0,120		
	fusta seca	104		0,120		
	Sig.			0,234	0,054	
Waller-Duncan	descarni	90	0,113			
	pell seca	103	0,114	0,114		
	fusta fresca	96	0,115	0,115		
	pell fresca	32	0,115	0,115		
	petxina	101		0,117	0,117	
	os	182			0,120	0,120
	fusta seca	104				0,120

Taula A-11-29 – Grups homogenis per a SDREB.

alfa = .05	Mat. Treb.	N	1	2	3	4
Student-Newman-Keuls	pell fresca	32	24,008			
	pell seca	103	27,772			
	descarni	90	35,147	35,147		
	fusta seca	104		55,688	55,688	
	fusta fresca	96			64,201	
	petxina	101				120,344
	os	182				123,006
	Sig.			0,590	0,071	0,454
HSD de Tukey	pell fresca	32	24,008			
	pell seca	103	27,772			
	descarni	90	35,147	35,147		
	fusta seca	104	55,688	55,688		
	fusta fresca	96		64,201		
	petxina	101			120,344	
	os	182			123,006	
	Sig.			0,079	0,141	1,000
Duncan	pell fresca	32	24,008			
	pell seca	103	27,772			
	descarni	90	35,147	35,147		
	fusta seca	104		55,688	55,688	
	fusta fresca	96			64,201	
	petxina	101				120,344
	os	182				123,006
	Sig.			0,360	0,071	0,454
F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch	pell fresca	32	24,008			
	pell seca	103	27,772			
	descarni	90	35,147	35,147		
	fusta seca	104		55,688	55,688	
	fusta fresca	96			64,201	
	petxina	101				120,344
	os	182				123,006
	Sig.			0,929	0,158	0,836
Waller-Duncan	pell fresca	32	24,008			
	pell seca	103	27,772			
	descarni	90	35,147			
	fusta seca	104		55,688		
	fusta fresca	96		64,201		
	petxina	101			120,344	
	os	182			123,006	

TAULES A·1 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS:1

TAULA A·1·1 – SÍNTESIS DE DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DELS TÈXELS.....	1
TAULA A·1·2 – DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS: DESCARNI.....	4
TAULA A·1·3 – DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS: PELL FRESCA.....	5
TAULA A·1·4 – DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS: PELL SECA.....	6
TAULA A·1·5 – DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS: FUSTA FRESCA.....	7
TAULA A·1·6 – DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS: FUSTA SECA.....	8
TAULA A·1·7 – DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS: OS.....	9
TAULA A·1·8 – DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS: PETXINA.....	10
TAULA A·1·9 – DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS: SENSE DISTINGIR MATÈRIES TREBALLADES.....	11

GRÀFICS A·1 – RELACIÓ ENTRE NOMBRE DE PÍXELS SELECCIONATS I NOMBRE DE TÈXELS EMERGENTS EN LES IMATGES:13

GRÀFIC A·1·1 – SENSE DISTINGIR ENTRE MATÈRIES TREBALLADES.....	13
GRÀFIC A·1·2 – PER A DESCARNI.....	13
GRÀFIC A·1·3 – PER A PELL FRESCA.....	14
GRÀFIC A·1·4 – PER A PELL SECA.....	14
GRÀFIC A·1·5 – PER A FUSTA FRESCA.....	15
GRÀFIC A·1·6 – PER A FUSTA SECA.....	15
GRÀFIC A·1·7 – PER A OS.....	16
GRÀFIC A·1·8 – PER A PETXINA.....	16

TAULES A·2 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE -51 PÍXELS:17

TAULA A·2·1 – SÍNTESIS DE DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DELS TÈXELS DE -51 PÍXELS.....	17
TAULA A·2·2 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE -51 PÍXELS: DESCARNI.....	20
TAULA A·2·3 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE -51 PÍXELS: PELL FRESCA.....	21
TAULA A·2·4 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE -51 PÍXELS: PELL SECA.....	22
TAULA A·2·5 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE -51 PÍXELS: FUSTA FRESCA.....	23
TAULA A·2·6 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE -51 PÍXELS: FUSTA SECA.....	24
TAULA A·2·7 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE -51 PÍXELS: OS.....	25
TAULA A·2·8 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE -51 PÍXELS: PETXINA.....	26
TAULA A·2·9 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE -51 PÍXELS: SENSE DISTINGIR MATÈRIES TREBALLADES.....	27

TAULES A·3 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS:28

TAULA A·3·1 – SÍNTESIS DE DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DELS TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS.....	28
TAULA A·3·2 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS: DESCARNI.....	31
TAULA A·3·3 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS: PELL FRESCA.....	32
TAULA A·3·4 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS: PELL SECA.....	33
TAULA A·3·5 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS: FUSTA FRESCA.....	34
TAULA A·3·6 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS: FUSTA SECA.....	35
TAULA A·3·7 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS: OS.....	36
TAULA A·3·8 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS: PETXINA.....	37
TAULA A·3·9 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +51 A -101 PÍXELS: SENSE DISTINGIR MATÈRIES TREBALLADES.....	38

TAULES A·4 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS:39

TAULA A·4·1 – SÍNTESIS DE DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DELS TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS.....	39
TAULA A·4·2 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS: DESCARNI.....	42
TAULA A·4·3 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS: PELL FRESCA.....	43

TAULA A·4·4 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS: PELL SECA.	44
TAULA A·4·5 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS: FUSTA FRESCA.	45
TAULA A·4·6 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS: FUSTA SECA.	46
TAULA A·4·7 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS: OS.....	47
TAULA A·4·8 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS: PETXINA.....	48
TAULA A·4·9 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +100 A -1001 PÍXELS: SENSE DISTINGIR MATÈRIES TREBALLADES.	49

TAULES A·5 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: 50

TAULA A·5·1 – SÍNTESIS DE DESCRIPTIUS PER A LES DISTRIBUCIONS DELS TÈXELS DE +1000 PÍXELS.	50
TAULA A·5·2 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: DESCARNI.....	53
TAULA A·5·3 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: PELL FRESCA.	54
TAULA A·5·4 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: PELL SECA.....	55
TAULA A·5·5 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: FUSTA FRESCA.	56
TAULA A·5·6 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: FUSTA SECA.	57
TAULA A·5·7 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: OS.....	58
TAULA A·5·8 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: PETXINA.....	59
TAULA A·5·9 – DESCRIPTIUS DE LES DISTRIBUCIONS DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: SENSE DISTINGIR MATÈRIES TREBALLADES.	60

TAULA A·6 – RESULTATS DE L'ANOVA PER A ATRIBUTS AMB DISTRIBUCIONS NORMALS EN LA BASE DE DADES DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....61

TAULES A·7 – RESULTATS DE LES PROVES DE RANG PER A ATRIBUTS AMB DISTRIBUCIONS NORMALS EN LA BASE DE DADES DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS: ...62

TAULA A·7·1 – RESULTATS DE LES PROVES DE RANG PER A “MITJA DE LA LLUMINOSITAT”.	62
TAULA A·7·2 – RESULTATS DE LES PROVES DE RANG PER A “DESVIACIÓ ESTÀNDAR DE LA LLUMINOSITAT”.	63
TAULA A·7·3 – RESULTATS DE LES PROVES DE RANG PER A “MODA DE LA LLUMINOSITAT”.....	64
TAULA A·7·4 – RESULTATS DE LES PROVES DE RANG PER A “LLUMINOSITAT MÍNIMA”.....	65
TAULA A·7·5 – RESULTATS DE LES PROVES DE RANG PER A “QUADRATURA”.....	66
TAULA A·7·6 – RESULTATS DE LES PROVES DE RANG PER A “RECTANGULARITAT A”.....	67
TAULA A·7·7 – RESULTATS DE LES PROVES DE RANG PER A “COMPACITAT B”.	68

TAULES A·8 – SÍNTESIS DELS RESULTATS DE LES PROVES DE COMPARACIONS MÚLTIPLES PER A ATRIBUTS AMB DISTRIBUCIONS NORMALS EN LA BASE DE DADES DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS:69

TAULA A·8·1 – RESULTATS DE LES PROVES DE COMPARACIONS MÚLTIPLES PER A “MITJA DE LA LLUMINOSITAT”.....	69
TAULA A·8·2 – RESULTATS DE LES PROVES DE COMPARACIONS MÚLTIPLES PER A “DESVIACIÓ ESTÀNDAR DE LA LLUMINOSITAT”.	70
TAULA A·8·3 – RESULTATS DE LES PROVES DE COMPARACIONS MÚLTIPLES PER A “MODA DE LA LLUMINOSITAT”.....	71
TAULA A·8·4 – RESULTATS DE LES PROVES DE COMPARACIONS MÚLTIPLES PER A “LLUMINOSITAT MÍNIMA”.	72
TAULA A·8·5 – RESULTATS DE LES PROVES DE COMPARACIONS MÚLTIPLES PER A “QUADRATURA”.	73
TAULA A·8·6 – RESULTATS DE LES PROVES DE COMPARACIONS MÚLTIPLES PER A “RECTANGULARITAT A”.....	74
TAULA A·8·7 – RESULTATS DE LES PROVES DE COMPARACIONS MÚLTIPLES PER A “COMPACITAT B”.....	75

TAULES A·9 – ORDENACIONS DE DIFERÈNCIES ENTRE MATÈRIES TREBALLADES SEGONS ELS TESTOS DE COMPARACIONS MÚLTIPLES:76

A·9·1 – PER A MITJA DE LA LLUMINOSITAT.....	76
A·9·2 – PER A DESVIACIÓ ESTÀNDAR DE LA LLUMINOSITAT.	76
A·9·3 – PER A MODA DE LA LLUMINOSITAT.....	76
A·9·4 – PER A LLUMINOSITAT MÍNIMA.	77
A·9·5 – PER A QUADRATURA.	77
A·9·6 – PER A RECTANGULARITAT A.....	77

TAULES A·10 – MATRIUS SINTÈTIQUES DELS RESULTATS DE LA U DE MANN-WHITNEY:78

TAULES A·10·1 – PER A ÀREA I DIÀMETRE FERET:78

TAULES A·10·1·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....78

TAULES A·10·1·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....79

TAULES A·10·1·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....79

TAULES A·10·1·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....80

TAULES A·10·1·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....80

TAULES A·10·2 – PER A MITJA DE LA LLUMINOSITAT:81

TAULES A·10·2·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....81

TAULES A·10·2·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....81

TAULES A·10·2·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....82

TAULES A·10·2·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....82

TAULES A·10·2·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....83

TAULES A·10·3 – PER A DESVIACIÓ ESTÀNDAR DE LA LLUMINOSITAT:83

TAULES A·10·3·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....83

TAULES A·10·3·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....84

TAULES A·10·3·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....84

TAULES A·10·3·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....85

TAULES A·10·3·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....85

TAULES A·10·4 – PER A MODA DE LA LLUMINOSITAT:86

TAULES A·10·4·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....86

TAULES A·10·4·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....86

TAULES A·10·4·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....87

TAULES A·10·4·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....87

TAULES A·10·4·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....88

TAULES A·10·5 – PER A LLUMINOSITAT MÍNIMA:.....88

TAULES A·10·5·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....88

TAULES A·10·5·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....89

TAULES A·10·5·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....89

TAULES A·10·5·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....90

TAULES A·10·5·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....90

TAULES A·10·6 – PER A ELONGACIÓ:91

TAULES A·10·6·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....91

TAULES A·10·6·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....91

TAULES A·10·6·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....92

TAULES A·10·6·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....92

TAULES A·10·6·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....93

TAULES A·10·7 – PER A CIRCULARITAT, QUADRATURA, COMPACITAT A I RATIO CIRCULARITAT/ESTRETOR:93

TAULES A·10·7·1A – PER AL TOTAL DELS TÈXELS (CIRCULARITAT).....93

TAULES A·10·7·1B – PER AL TOTAL DELS TÈXELS (QUADRATURA I COMPACITAT A).....94

TAULES A·10·7·1C – PER AL TOTAL DELS TÈXELS (RATIO CIRCULARITAT/ESTRETOR).....94

TAULES A·10·7·2A – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS (CIRCULARITAT).....95

TAULES A·10·7·2B – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS (QUADRATURA I COMPACITAT A).....95

TAULES A·10·7·2C – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS (RATIO CIRCULARITAT/ESTRETOR).....96

TAULES A·10·7·3A – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS (CIRCULARITAT).....96

TAULES A·10·7·3B – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS (QUADRATURA I COMPACITAT A).....97

TAULES A·10·7·3C – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS (RATIO CIRCULARITAT/ESTRETOR).....97

TAULES A·10·7·4A – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS (CIRCULARITAT).....98

TAULES A·10·7·4B – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS (QUADRATURA I COMPACITAT A).....98

TAULES A·10·7·4C – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS (RATIO CIRCULARITAT/ESTRETOR).....99

TAULES A·10·7·5A – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS (CIRCULARITAT).....99

TAULES A·10·7·5B – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS (QUADRATURA I COMPACITAT A).....100

TAULES A·10·7·5C – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS (RATIO CIRCULARITAT/ESTRETOR).....100

TAULES A·10·8 – PER A IRREGULARITAT:101

TAULES A·10·8·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....101

TAULES A·10·8·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....101

TAULES A·10·8·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....102

TAULES A·10·8·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....102

TAULES A·10·8·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....103

Fusta fresca	103
TAULES A·10·9 – PER A RECTANGULARITAT A:	103
TAULES A·10·9·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....	103
TAULES A·10·9·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....	104
TAULES A·10·9·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....	104
TAULES A·10·9·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....	105
TAULES A·10·9·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....	105
TAULES A·10·10 – PER A RATIO PERÍMETRE/EIX MAJOR:	106
TAULES A·10·10·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....	106
TAULES A·10·10·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....	106
TAULES A·10·10·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....	107
TAULES A·10·10·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....	107
TAULES A·10·10·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....	108
TAULES A·10·11 – PER A COMPACITAT B:	108
TAULES A·10·11·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....	108
TAULES A·10·11·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....	109
TAULES A·10·11·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....	109
TAULES A·10·11·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....	110
TAULES A·10·11·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....	110
TAULES A·10·12 – PER A RECTANGULARITAT B:	111
TAULES A·10·12·1 – PER AL TOTAL DELS TÈXELS.....	111
TAULES A·10·12·2 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE –51 PÍXELS.....	111
TAULES A·10·12·3 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +50 A –101 PÍXELS.....	112
TAULES A·10·12·4 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +100 A –1001 PÍXELS.....	112
TAULES A·10·12·5 – PER AL CONJUNT DE TÈXELS DE +1000 PÍXELS.....	113

TAULES A·11 – RESULTATS DE LES PROVES DE COMPARACIONS DE MITGES (GRUPS HOMOGENIS) PER A LES MITGES I LES DESVIACIONS TÍPIQUES EN LA BASE DE DADES D’IMATGES.....114

TAULA A·11·1 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNAR.....	114
TAULA A·11·2 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNMEAN.....	115
TAULA A·11·3 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNSD.....	116
TAULA A·11·4 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNMOD.....	117
TAULA A·11·5 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNMINLU.....	118
TAULA A·11·6 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNELO.....	119
TAULA A·11·7 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNCIR.....	120
TAULA A·11·8 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNQUA.....	121
TAULA A·11·9 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNRCT.....	122
TAULA A·11·10 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNCOA.....	123
TAULA A·11·11 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNRPE.....	124
TAULA A·11·12 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNDIA.....	125
TAULA A·11·13 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNCOB.....	126
TAULA A·11·14 – GRUPS HOMOGENIS PER A MNREB.....	127
TAULA A·11·15 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDAR.....	128
TAULA A·11·16 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDMEAN.....	129
TAULA A·11·17 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDSD.....	130
TAULA A·11·18 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDMOD.....	131
TAULA A·11·19 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDMINLU.....	132
TAULA A·11·20 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDELO.....	133
TAULA A·11·21 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDCIR.....	134
TAULA A·11·22 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDQUA.....	135
TAULA A·11·23 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDRCT.....	136
TAULA A·11·24 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDCOA.....	137
TAULA A·11·25 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDIRR.....	138
TAULA A·11·26 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDRPE.....	139
TAULA A·11·27 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDFDIA.....	140
TAULA A·11·28 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDCOB.....	141
TAULA A·11·29 – GRUPS HOMOGENIS PER A SDREB.....	142