



Universitat Autònoma de Barcelona

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  [http://cat.creativecommons.org/?page\\_id=184](http://cat.creativecommons.org/?page_id=184)

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

**WARNING.** The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

**UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA**  
**FACULTAT DE FILOSOFIA I LLETRES**  
**DEPARTAMENT DE PREHISTÒRIA**

**DOCTORAT EN ARQUEOLOGIA PREHISTÒRICA**



Universitat Autònoma de Barcelona

**APORTACIONS DE LA MICROESTRUCTRA ÒSSIA I LA  
BIOMECÀNICA A L'ESTUDI DE LA DOMESTICACIÓ ANIMAL I  
PRÀCTIQUES RAMADERES INICIALS AL MEDITERRANI  
ORIENTAL I OCCIDENTAL (10000-4000 cal BC)**

**ROGER ALCÀNTARA FORS**

*Dirigit per:*

**Dra. MARIA SAÑA SEGUÍ (UAB)**

**Dr. MIQUEL MOLIST MONTAÑA (UAB)**

**Dr. JOSEP FORTUNY TERRICABRAS (ICP)**

**2019**



*A muns pares,*





*Topant de cap en una i altra soca,  
avançant d'esma pel camí de l'aigua,  
se'n ve la vaca tota sola. És cega.*

*[...]*

*Beu poc, sens gaire set... Després aixeca  
al cel, enorme, l'embanyada testa  
amb un gran gesto tràgic; parpelleja  
damunt les mortes nines, i se'n torna  
orfe de llum, sota del sol que crema,  
vacil·lant pels camins inoblidables,  
brandant llànguidament la llarga cua.*

*Joan Maragall, La vaca cega.*



*La present tesi doctoral s'ha desenvolupat en el marc dels següents projectes d'investigació*

2014/100619. Caracterització del procés d'implantació de les comunitats agrícoles prehistòriques a la Vall Mitja del Ter (Tavertet). IP: Dr. Miquel Molist (UAB). Generalitat de Catalunya; del 01-07-2014 al 31-12-2017.

2014/100638 Evolució del poblament i ús del territori al prepirineu oriental durant la prehistòria recent (8000-9000 cal ANE): Anàlisi arqueoecològica de les dinàmiques de canvi social i de la gestió dels recursos naturals. IP: Dra. Maria Saña (UAB). Generalitat de Catalunya; del 01-07-2014 al 31-12-2017.

437K117 La Draga en el procés de neolitització del nord-est peninsular. IP Antonio Palomo (MAC) Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

HAR2014-60081-R: Producción animal y cerámica en el neolítico peninsular. Estudio biogeoquímico integrado del consumo y las prácticas culinarias. IP: Dra. Maria Saña (UAB). Ministerio de economía y competitividad; del 01/01/2015 al 31/12/2017.

HAR2016-76534-C2-2-R Producciones, variabilidad técnica e innovación tecnológica en el Neolítico. IP Xavier Terradas (CSIC). Ministerio de Economía y Competitividad.

HAR2016-76534-C2-4-R Simulación computacional de fenómenos históricos de cambio social y tecnológico durante el neolítico. IP Raquel Piqué i Joan Anton Barceló (UAB). Ministerio de Economía y Competitividad.

HAR2016-78416-P: Procesos de transferencia e interacción social en el Neolítico del Próximo Oriente: estudio en los ámbitos del Valle del Eufrates y Altiplanos del Zagros. IP: Miquel Molist Montaña (UAB). Ministerio de economía, Cultura y Competitividad. Del 01/01/2017 al 31/12/2019

HAR2017-88304-P: Arqueobioquímica de la alimentación durante el Neolítico Peninsular: Nuevos marcadores y referenciales para el estudio de las pautas de reproducción y consumo en Arqueología. IP: Maria Saña (UAB). Ministerio de economía, Cultura y Competitividad. Del 01/02/2018 al 31/12/2020

Ocupaciones neolíticas en el valle del Amuq (Turquía): Intervenciones arqueológicas en el yacimiento de Tell Judeidah. IP: Maria Saña (UAB). Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; del 2015 al 2016.

Programa de actuaciones arqueológicas españolas en el extranjero: Archaeological excavations in Gird Lashkir, GRAMPO. IP: Dr. Miquel Molist

*I en el marc dels grups d'investigació de la Universitat Autònoma de Barcelona*

GRAMPO (Grup de Recerca Arqueològica del Mediterrani i el Pròxim Orient)

GRLA (Grup de Recerca del Laboratori d'Arqueozoologia)



## **Agraïments**

En primer lloc, a Maria, Miquel i Josep, per dirigir aquesta tesi i fer-me arribar fins aquí, hores, paciència i dedicació impagables des de fa ja anys que m'han format com investigador i millorat com a persona.

A tots els companys del SAPPO, Adrià, Quim, Sílvia, Ivan, Laura i Andreu i perdoneu que em falli la memòria. I a l'Anna, sobretot, una inspiració i exemple per tots. També a Richi, caigut en batalla i company de treball i trastades infatigable.

A tots els companys del Labo de fauna, els de sempre, Vanessa, i els que van i venen i estan arribant, Alejandro, Amaya, Alba, Dani... i també l'Albert, Robert, Eva i Maria, pel suport i les converses diàries. And Kaveh, you cheeky, not enough words to thank you for every thing.

I a Freddy, el tècnic de radiologia de l'Hospital de Terrassa, a la base de tot.

A Alba, Carles, Àlex, Hèctor i Dydy, que m'han aguantat a casa els últims anys.

I a Judit, la meva companya, que em restaura i em fa avançar dia a dia.

A Allowen Evin, per la seva ajuda incondicional i suport. Max Price, Joris Peters i Nadja Pollath, Lionel Gourichon i Liora per la seva ajuda desinteressada.

Als directors de les intervencions, per confiar-me l'estudi de les mostres seleccionades, Raquel Piqué i la resta de l'equip, Miquel Molist, Anna Gómez, Ramón Álvarez i Anna Maria Rauret.

Als membres del tribunal d'aquesta tesi: Dra. Raquel Piqué Huerta, Dra. Emmanuelle Vila, Dr. Jordi Nadal Lorenzo, Dra. Anna Gómez Bach, Dra Ariadna Nieto, Dra Lúdia Colominas



AGRAÏMENTS .....	9
<b>1. INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>7</b>
1.1. Objectius de la tesi doctoral.....	8
1.2. Estructura del treball.....	9
<b>2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ SOBRE LA PROBLEMÀTICA D'ESTUDI .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Definició i concepte de domesticació animal .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. Definició i concepte de ramaderia .....</b>	<b>16</b>
2.2.1. Producció d'aliment carni .....	17
2.2.2. Producció de llet.....	17
2.2.3. Explotació i ús de la força i energia animal .....	19
2.2.4. Explotació i ús de fibres animals.....	21
2.2.5. Cria i manteniment els ramats d'animals domèstics .....	22
2.2.5.1. Estabulació i captivitat: apropiació espacial de l'animal .....	23
2.2.5.2. Reproducció animal i control demogràfic.....	23
2.2.5.3. Alimentació: de natural a artificial .....	24
2.2.6. Ramaderia i organització social .....	24
<b>2.3. Dades empíriques sobre les primeres domesticacions i pràctiques ramaderes al SE Asiàtic .....</b>	<b>26</b>
2.3.1. La domesticació de Bos primigenius .....	26
2.3.2. La domesticació de Capra aegagrus .....	28
2.3.3. La domesticació d'Ovis orientalis.....	30
2.3.4. La domesticació de Sus scrofa .....	31
<b>2.4. Espai i temps dels processos de domesticació: adopció i difusió.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5. Estudi de la domesticació animal i ramaderia inicial: aspectes metodològics i tècnics .....</b>	<b>34</b>
2.5.1. Efectes de la domesticació sobre els animals .....	34
2.5.2. Efectes de la ramaderia .....	37
2.5.3. Procediments analítics per l'estudi dels canvis produïts per la domesticació i ramaderia inicial .....	38
2.5.3.1 Biometria .....	39
2.5.3.2 Morfometria geomètrica .....	39
2.5.3.3 Morfologia òssia .....	40
2.5.3.4 Anàlisis genètiques .....	40
2.5.3.5 Estructura demogràfica dels ramats: edat i sexe .....	41
2.5.3.6 Isòtops estables .....	42
2.5.3.7 Biomecànica i estructura òssia.....	43
2.5.3.7.1 Histologia quantitativa.....	43
2.5.3.7.2 Paleopatologia òssia .....	44
2.5.3.8 Residus orgànics .....	44
<b>3. MATERIALS.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1. L'àrea del llevant oriental i el fenòmen de la neolitització .....</b>	<b>45</b>



<b>3.2. El jaciment de tell Halula (Vall mitjana de l'Èufrates, Síria).....</b>	<b>54</b>
<b>3.3. Estratègies de gestió animal a tell Halula .....</b>	<b>59</b>
<b>3.4. La neolitització a l'extrem occidental de la mediterrània .....</b>	<b>65</b>
3.4.1. El neolític antic i mitjà a Catalunya .....	66
3.4.2. La vall mitja del riu Ter: estat de la qüestió .....	68
<b>3.5. Jaciments treballats del mediterrani occidental: La Draga (Banyoles, Pla de l'Estany) .....</b>	<b>70</b>
3.5.1 Gestió animal la Draga.....	73
<b>3.6. Jaciments treballats al mediterrani occidental: La Cova de les Pixarelles (Tavertet, Osona).....</b>	<b>75</b>
3.6.1. Història de la recerca.....	76
3.6.2. La seqüència estratigràfica establerta.....	78
3.6.3. La seqüència estratigràfica estudiada. Característiques del nivell XXII.....	80
3.6.4. Aproximació a les datacions radiomètriques del nivell XXII .....	82
3.6.5 Gestió animal a la Cova de les Pixarelles.....	83
<b>4. MÈTODE. ARQUEOZOOLOGIA, DOMESTICACIÓ ANIMAL I PRACTIQUES RAMADERES INICIALS .....</b>	<b>84</b>
<b>4.1. L'arqueozoològia com a disciplina científica .....</b>	<b>84</b>
4.1.1. Paleoecologia i medi .....	85
4.1.2. Tecnologia.....	86
4.1.3. Estratègies econòmiques: ramaderia i cacera .....	87
4.1.4. Distribució dels recursos .....	87
4.1.5. Dieta i consum alimentari .....	88
4.1.6. Desigualtat social .....	89
4.1.7. Gènere .....	90
4.1.8. Ideologia i pràctiques rituals .....	90
<b>4.2. Arqueozoològia i estudi de la domesticació animal i pràctiques ramaderes inicials .....</b>	<b>94</b>
<b>4.3. Estudi de la domesticació animal i ramaderia inicial a partir de la estructura òssia i la biomecànica .....</b>	<b>101</b>
4.3.1. Principis i conceptes bàsics: desenvolupament ossi i estructura òssia .....	102
4.3.2. Biomecànica de l'esquelet animal i la seva representació al teixit ossi.....	105
4.3.3. Variables de la biomecànica que poden ser d'interès en Arqueozoològia .....	107
4.3.4. Caràcters de la biomecànica que poden ser d'utilitat per a l'estudi de la domesticació animal i pràctiques ramaderes inicials.....	109
<b>4.4. Principis bàsics relatius a la gestió animal per a l'estudi de la domesticació animal i ramaderia inicial a partir de la estructura òssia i la biomecànica .....</b>	<b>110</b>
4.4.1. Els precedents: biologia i ecologia de les espècies salvatges .....	110
4.4.1.1. Les ovelles salvatges.....	111
4.4.1.2. Les cabres salvatges.....	112
4.4.1.3. Els bous salvatges .....	112
4.4.1.4. Els porcs salvatges .....	113
4.4.2. Els precedents: control sobre la biologia i comportament de les espècies salvatges .....	115
4.4.2.1. Captura de l'animal viu.....	115
4.4.2.2. Constitució dels ramats i control del moviment i desplaçaments .....	116
4.4.2.3. Control de l'alimentació .....	118

4.4.2.4. Control de l'energia i força de treball .....	119
4.4.2.5. Control de la reproducció del ramat.....	121
<b>4.5. Proposta metodològica desenvolupada en aquest estudi.....</b>	<b>122</b>
4.5.1. Confecció de referencials moderns de <i>Capra aegagrus</i> .....	123
4.5.2. Arqueozoologia.....	124
4.5.2.1. Classificació de les restes .....	124
4.5.2.2. Estimació de l'edat.....	125
4.5.2.3. Separació per sexes .....	125
4.5.2.4. Anàlisi biomètrica.....	125
4.5.2.5. Registre de patologies òssies .....	126
4.5.3. Morfometria geomètrica.....	128
4.5.4. Biomecànica.....	130
4.5.4.1. Aproximacions al registre de la (micro-)estructura dels ossos.....	130
4.5.4.1.1. Adquisició i captura d'imatges amb raigs X.....	131
4.5.4.1.2. El efectes dels raigs X. ....	132
4.5.4.2. Propietats mecàniques dels ossos.....	133
4.5.4.2.1. Normalització i estandardització de les dades .....	134
4.5.4.2.2. Tractament estadístic de les dades.....	136
4.5.4.3. Metodologia d'extracció de les seccions transversals.....	137
4.5.4.3.1. Criteris de selecció dels punts de tall.....	139
<b>5. PRESENTACIÓ DELS RESULTATS .....</b>	<b>141</b>
<b>5.1. Domesticació i ramaderia de porcs a l'assentament de tell Halula .....</b>	<b>142</b>
<b>5.2. Trets biomecànics i estructurals en les primeres poblacions de cabres domèstiques i ovelles domèstiques a tell Halula .....</b>	<b>159</b>
5.2.1. Descripció de la població de <i>Capra aegagrus</i> utilitzada com a referencial .....	163
5.2.1.1. Caracterització biomètrica dels exemplars que componen la població de referència.....	164
5.2.1.2. Caracterització biomecànica dels exemplars que componen la població de referència.....	165
5.2.2. Trets biomecànics de la població de cabres .....	171
5.2.2.1. Correspondència dels trets biomecànics entre els diferents elements esquelètics?.....	183
5.2.3. Anàlisi comparativa de les pautes biomecàniques entre ovelles i cabres en les etapes inicial del neolític .....	188
5.3.3. Dinàmica general registrada a tell Halula .....	192
<b>5.4. Paleopatologia òssia, mobilitat i explotació dels bovins domèstics durant el neolític .....</b>	<b>193</b>
5.4.1. L'adopció de <i>Bos taurus</i> durant el neolític.....	194
5.4.1.1. La ramaderia de <i>Bos taurus</i> al jaciment de la Draga: trets biomecànics.....	196
5.4.1.2. La ramaderia de <i>Bos taurus</i> al jaciment de cova de les Pixarelles: trets biomecànics .....	205
5.4.1.3. Trets biomecànics diferencials lligats a l'ús i explotació dels bovins durant el neolític: medi versus acció antròpica.....	213
<b>6. DISCUSSIÓ .....</b>	<b>224</b>
<b>6.1. Pautes d'alimentació i característiques biomecàniques en les primeres poblacions d'animals domèstics .....</b>	<b>225</b>
<b>6.2. Pautes de reproducció i característiques biomecàniques en les primeres poblacions d'animals domèstics .....</b>	<b>228</b>

<b>6.3. Pautes de treball i explotació animal i característiques biomecàniques en les primeres poblacions d'animals domèstics .....</b>	<b>229</b>
<b>6.4. Mobilitat i confinament en les primeres poblacions d'animals domèstics.....</b>	<b>232</b>
<b>6.5. Gestió de la mobilitat animal en les primeres societats ramaderes i tipus de ramaderia.....</b>	<b>234</b>
<b>7. CONCLUSIONS .....</b>	<b>239</b>
<b>7.1. Noves dades entorn a la ramaderia inicial de porcs: hibridització i inicis de les practiques de cria intensives al jaciment de tell Halula.....</b>	<b>240</b>
<b>7.2. Noves dades entorn a la ramaderia inicial de cabres i ovelles: alimentació, reproducció i moviment</b>	<b>241</b>
<b>7.3. Noves dades entorn a la ramaderia inicial de <i>Bos taurus</i>: tir, transport i tracció .....</b>	<b>242</b>
<b>7.4. Noves dades entorn a gestió ramadera a inicis del Neolític: explotació i ús dels animals .....</b>	<b>243</b>
<b>7.4. Noves dades entorn a gestió ramadera a inicis del Neolític: mobilitat i explotació .....</b>	<b>243</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>246</b>
<b>ANNEXOS .....</b>	<b>293</b>
<b>ANNEX I. CODIS UTILITZATS .....</b>	<b>294</b>
<b>ANNEX II. BASES DE DADES.....</b>	<b>296</b>
<b>ANNEX III. BIOMETRIA I PROPIETATS MECÀNIQUES .....</b>	<b>317</b>
<b>ANNEX IV. TAULES ESTADISTICA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>335</b>
<b>ANNEX V. MORFOMETRIA GEOMETRICA .....</b>	<b>337</b>
<b>ANNEX VI. HIPOPLASIA DENTAL.....</b>	<b>346</b>
<b>ANNEX VII. POBLACIÓ CAPRA AEGAGRUS DE REFERENCIA .....</b>	<b>352</b>
<b>ANNEX VIII. HUMER.....</b>	<b>357</b>
<b>ANNEX IX. TIBIA.....</b>	<b>366</b>
<b>ANNEX X. METAPODES .....</b>	<b>373</b>

ANNEX XI. FALANGES.....	385
ANNEX XII. PATOLOGIES OSSIES.....	392
ANNEX XIII. ASSESSING CHANGES IN ANIMAL MOBILITY AND ACTIVITY PATTERNS .....	403



## 1. INTRODUCCIÓ

La domesticació dels animals constitueix un dels fets més transcendents de la Història de la Humanitat. El gran impacte econòmic, social i ecològic que va suposar ja en els seus moments inicials ha contribuït enormement a la configuració de la realitat actual. Si bé són relativament poques les espècies de plantes i animals domesticades, les primeres espècies domesticades a finals del Plistocè i inicis Holocè, fa més de 10.000 anys, constitueixen encara actualment la base econòmica principal de la societat i els components essencials de la dieta. Inversament a la seva importància, és molt poc el coneixement que disposem sobre la dinàmica dels processos de domesticació, les seves causes i les seves conseqüències sobre la biodiversitat.

La domesticació dels animals és un camp d'investigació abordat des de diferents disciplines científiques, aspecte clau si tenim en compte que actualment alguns dels processos estan encara en curs. L'estudi dels processos de domesticació inicials només es poden portar a terme, però, des de l'Arqueologia, donat que la única evidència material que disposem dels mateixos la constitueixen les restes de fauna recuperades durant les excavacions arqueològiques. El seu estudi a partir de les anàlisis bioarqueològiques permet reconstituir els escenaris més llunyans de domesticació i resseguir les trajectòries evolutives de les espècies implicades i la seva història demogràfica.

La documentació arqueològica existent fins a l'actualitat evidencia que els primers processos de domesticació dels animals es varen centrar en 5 espècies: gos, porc, ovella, cabra i bou; presentant cada una d'elles dinàmiques molt diverses, tant un nivell temporal com espacial. Els motius o causes concretes que van conduir a la seva domesticació són objecte de discussió, contemplant diverses opcions que abasten des de la necessitat econòmica derivada del canvi ambiental o creixement demogràfic, fins a motius culturals vinculats a pràctiques ideològiques o simbòliques. En aquesta línia s'han de tenir en compte les característiques biològiques i el potencial productiu de les espècies implicades. La domesticació del gos, primer animal domèstic documentat, presenta en aquest sentit un caràcter específic donada la seva singularitat. Mentre que ovelles, cabres, porcs i vaques es varen domesticar amb finalitats productives, la funcionalitat inicial del gos està encara per determinar. Mostra d'aquest caràcter especial és que els primers exemplars domèstics s'han recuperat tots en contextos particulars, principalment en sepultures, la majoria acompanyant a persones o dipositats de forma individualitzada.

Establir les dates inicials de domesticació ve sent un dels principals objectius en la majoria de projectes d'investigació dedicats a l'estudi d'aquesta problemàtica històrica. Es tracta d'una qüestió però summament difícil. La majoria d'investigadors coincideixen a atribuir l'estatus domèstic a una espècie quan aquesta es troba sotmesa a control artificial intencionat per part de la societat. Aquesta nova situació implica la substitució d'alguns dels mecanismes de selecció naturals que venien operant fins al moment per noves pressions selectives que tindran per objectiu adaptar la espècie als interessos o necessitats humanes. Aquest canvi afecta l'estructura i demografia de la població, però també als mateixos individus, augmentant les possibilitats d'existència d'una major variabilitat genètica i fenotípica. Els canvis adaptatius poden manifestar-se a diferents nivells: molecular, conductual, fisiològic, morfològic. La relaxació de

la selecció natural, i el nou ambient en el que viuen els animals contribuiran a les mutacions que biològicament permetran caracteritzar-los com domèstics.

L'amplia gamma de mecanismes i variables que poden confluïr en els moments inicials de la domesticació introdueixen un elevat grau de complexitat al seu estudi. I més encara tenint en compte que els únics efectes directament perceptibles són aquells que han quedat registrats en la matèria òssia fossilitzada, restes arqueològiques que representen una ínfima part de l'ésser viu al que corresponen. Aquesta és precisament la causa principal de la prioritització dels criteris morfobiomètrics en l'intent d'identificar els primers animals domèstics a partir del registre arqueològic. Les noves accions selectives, els canvis en l'alimentació, pautes de mobilitat, reproducció i estructura conductual de la espècie portaran com a resultat modificacions en la talla i morfologia de determinats elements esquelètics, permetent diferenciar entre la forma salvatge i la domèstica. Els canvis que afecten l'aspecte físic dels animals i que queden representats un nivell esquelètic no es produeixen però de forma immediata, sent per tant difícil identificar els primers animals domèstics a partir d'aquests criteris. Només serà possible reconèixer, a partir de aproximacions morfològiques i biomètriques, aquells animals ja modificats per les accions de domesticació i selecció, fet que suposa que aquestes s'estan aplicant des de fa temps ja sobre la espècie. La integració recent de les anàlisis bioquímiques i paleogenètiques a l'estudi d'aquesta problemàtica ha obert noves possibilitats que permeten superar en part aquesta limitació.

És necessari continuar amb el desenvolupament de noves vies analítiques que permetin, a partir de nous criteris, incidir en els canvis que es produeixen com a conseqüència de l'adopció de la domesticació i de la ramaderia,

### 1.1. Objectius de la tesi doctoral

Per tal de generar coneixement sobre aquets moment de canvi, la prioritat d'aquesta tesi doctoral es contribuir amb l'aportació de noves propostes metodològiques que permetin superar algunes de les limitacions implícites en la metodologia arqueozoològica més tradicional i en les anàlisis biogeoquímiques. Aquesta nova proposta ha tingut en compte un dels aspectes claus que permeten el control directe de les poblacions naturals d'animals, i per tant la seva domesticació i els inicis de la ramaderia. Es tracta de la mobilitat i, per extensió, de les pautes d'activitat animal. L'estudi d'aquest aspecte a partir de la combinació de la morfologia geomètrica i de la biomecànica permetrà treballar amb una nova aproximació i obtenir nous resultats. El propòsit final es establir si les poblacions animals gestionades a inicis de l'Holocè són o no domèstiques i en quin grau s'exploren com a mitjans de producció.

Les anàlisis de morfologia geomètrica i biomecàniques es basen en l'estudi de la variabilitat morfològica global dels organismes. L'aplicació dels principis de la biomecànica a l'anàlisi de les restes de fauna arqueològiques, si bé en estat embrionari, està comportant ja diversos avantatges, obrint nous camins i línies d'investigació. Destaquem entre les més interessants la possibilitat d'inferir en les respostes morfològiques dels organismes a pressions selectives (tant d'índole natural com social) o la de controlar espacial i temporalment la variabilitat fenotípica

resultat de la dinàmica evolutiva en la qual s'han vist imbricats els organismes sota estudi. La mesura d'aquestes noves variables i paràmetres permet resseguir detalladament les dinàmiques de canvi en les poblacions animals, tant en la dimensió temporal com espacial, que ha tingut com a efecte variacions en la conformació dels teixits ossis. A nivell més concret, és possible resseguir d'aquesta manera les conseqüències físiques de la pressió ambiental i humana, sent possible detectar els canvis derivats de les diferents estratègies de gestió i explotació dels recursos animals implementades al llarg de tota la prehistòria. Si bé aquest camp d'anàlisi presenta una relativament llarga tradició en altres ciències com ara la biologia o paleontologia, la seva aplicació a l'estudi de les restes de fauna arqueològica és relativament recent.

De manera més concreta, els objectius específics que guien la realització d'aquesta tesi doctoral es centren en:

- Avaluació de les variables que poden quedar representades en la forma i mètrica dels teixits durs de l'animal.
- Elaboració d'una proposta de quantificació i anàlisi de les formes dels objectes biològics i treball amb les eines estadístiques bàsiques que permetin la seva aplicació.
- Avaluar els canvis en els teixits durs animals resultats de les pressions selectives exercides durant la domesticació animal i ramaderia inicial.
- Establir criteris diagnòstics basats en la biomecànica que permetin diferenciar entre la forma salvatge i la domèstica en els moments inicials de la ramaderia.
- Aplicar els criteris diagnòstics a l'estudi de dinàmica de la domesticació animal i ramaderia inicial en un jaciment clau el llevant mediterrani (tell Halula) i de l'occident mediterrani (la Draga i cova de les Pixarelles).

Es parteix en aquesta línia de la hipòtesis de que amb aquest procediment és possible identificar modificacions a petita escala produïdes en la morfologia i conformació òssia resultat de diverses pressions selectives (tant d'índole natural com antròpica) que han actuat sobre els animals. A partir de la visualització de les modificacions en la forma dels ossos serà possible identificar i resseguir els canvis experimentats en els elements esquelètics de determinats animals i relacionar-los amb les diverses estratègies de gestió dels recursos animals practicades per les poblacions prehistòriques, i, de manera més concreta, amb els pautes de mobilitat i activitat animal.

## 1.2. Estructura del treball

La present tesi doctoral s'ha estructurat en base a 7 capítols principals que aborden algunes de les línies d'estudi més recents desenvolupades en el marc de l'arqueozoologia per a l'estudi de la domesticació animal i ramaderia inicial. Després d'aquesta breu descripció de la problemàtica d'estudi que s'aborda en aquest treball, es planteja un estat de la qüestió sobre què entenem o què podem entendre per domesticació i en conseqüència també què implica la



ramaderia. Així mateix, el capítol prossegueix fent un repàs dels principals objectius productius de les economies ramaderes i com, a continuació, s'adopten les espècies domèstiques. Les conseqüències d'aquest procés i les diferents vies d'anàlisi per registrar-ho tanquen el capítol.

En el capítol tres s'introdueixen les àrees i jaciments estudiats en aquest treball i es presenta la dinàmica general dels processos de neolitització en cada un d'aquests territoris.

En el capítol 4, dedicat al mètode, es recullen els diferents paràmetres d'anàlisi utilitzats en arqueozoologia i es descriu la proposta metodològica elaborada per aquest treball, fonamentada en la caracterització biomecànica de les poblacions animals a partir de l'estudi de les restes de fauna arqueològiques.

En el capítol 5 es presenten els resultats obtinguts.. El capítol s'estructura en tres apartats principals, on s'analitzen les estratègies de gestió implementades sobre les 4 espècies domesticades principals a partir de la integració de diversos procediments analítics.

Els resultats obtinguts es discuteixen en el capítol 6, avaluant-ne les implicacions en l'estudi de la domesticació i l'explotació animal, així com també la potencialitat de la via analítica desenvolupada i emmarcant-ho en el conjunt de coneixements que es disposa a l'actualitat sobre aquesta problemàtica històrica.

Les conclusions constitueixen l'apartat final d'aquesta recerca.

## 2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ SOBRE LA PROBLEMÀTICA D'ESTUDI

### 2.1. Definició i concepte de domesticació animal

En el marc de la recerca de la Revolució Neolítica, l'estudi de processos de domesticació animal i vegetal han estat un dels principals focus d'interès, constatat a partir de la gran quantitat de projectes i estudis realitzats. La recerca entorn aquests processos s'ha considerat cabdal per tal de comprendre les transformacions que portaren a terme els grups humans a nivell social i econòmic a inicis de l'holocè. Tot i que els projectes de recerca dedicats a l'estudi d'aquesta problemàtica històrica i els treballs publicats al respecte son quantiosos, son relativament pocs els centrats en presentar i discutir el propi concepte de domesticació, tasca al nostre entendre cabdal abans de procedir al seu estudi.

El concepte de domesticació ha sigut i és encara font d'intenses discussions, tant pel que fa referència a les plantes com als animals. Hi ha un cert consens en considerar que es tracta d'un procés o processos durant els quals determinades espècies de plantes i animals entren en interacció amb les poblacions humanes, donant com a resultat a tot un conjunt de canvis biològics i socials.

Pel que fa a la domesticació animal, les consideracions sobre la naturalesa de la relació entre societat i animals i el paper preponderant d'un o altre element, han condicionat la forma de veure i entendre els processos de domesticació animal i, en conseqüència, la manera d'estudiar-la i les conclusions que se n'han extret. En virtut de l'equilibri en les relacions humans-animals, les aproximacions realitzades al concepte de domesticació animal han tingut tradicionalment dos punts de partida essencials, la zoologia i l'arqueologia (Saña, 1999). Les perspectives zoològiques (en referència al paper preponderant dels animals, no a la ciència que els estudia) consideren als animals com el motor de la seva pròpia domesticació. En aquest sentit, en les propostes de Morey (1992, 1994), Rindos (1984) o Budiansky (1992), el paper dels humans és, en el millor dels casos, casual o circumstancial, quan no s'elimina completament de l'equació. La domesticació s'articula dintre d'una retòrica purament evolucionista assentada sobre les bases de la biologia. Els canvis morfològics, etològics, fisiològics que es detecten en els animals domèstics en contraposició amb els animals salvatges són el resultat d'una mena d'adaptació voluntària a un nou nínxol ecològic que podríem titllar de determinisme ambiental i darwinisme en la seva màxima expressió. Zeder (2012) explica a la perfecció aquestes propostes: *“domesticates manipulated unwitting humans into relationships that gave the domesticate great evolutionary advantage at the expense of human fitness”*.

Dintre de les aproximacions arqueològiques els raonaments s'articulen al voltant del paper actiu dels humans com a agent social implicat en la transformació dels animals. *“Su anàlisis, pues, nos proporcionará información sobre el comportamiento de los grupos humanos que intervinieron en el proceso. [...]los objetivos finales del conocimiento: las sociedades humanas”* (Saña 1999). La perspectiva dels humans com a únic factor conscient involucrat en el desenvolupament d'animals domèstics és igualment difícil de defensar, per molt que un mal sentit adquirit de superioritat moral ens ho faci veure com una opció plausible. De manera similar als humans, potser en diferents graus de complexitat, els animals tenen un comportament, organització i preferències pròpies, i la voluntat magnànima de crear un animal

domèstic no és necessàriament suficient per aconseguir-ho, tal i com demostren els múltiples intents fracassats per domesticar determinades espècies (Zeder 2012). Les dinàmiques d'integració en els grups humans, per bé que per mitjà de múltiples mecanismes d'interrelació i apropiació, plantegen un escenari més consistent amb la gran varietat de comportaments humans i animals.

Així, Bökönyi (1989) defensava que “the essence of domestication is the capture and taming by man of animals of a species with particular behavioural characteristics, their removal from their natural living area and breeding community and their maintenance under controlled breeding conditions for material benefits”. Malgrat que es reconeix un grau molt diluït de participació animal, en el sentit de que cal que les espècies domesticades requereixen de trets de comportament concrets, el component humà és, sota aquesta definició, el motor essencial de la domesticació. Se'n deriven igualment algunes idees. La noció de control dels diferents aspectes de la vida de l'animal, la seva desnaturalització com a procés i conseqüència de la domesticació, i l'obtenció de benefici mutu. En aquest últim punt remarcuem la importància del terme mutu i del resultat subjacent del concepte de benefici, que no volem interpretar amb la concepció moderna de benefici (contraposat a pèrdua) sinó com el dibuix d'una situació beneficiosa o avantatjosa per ambdues parts.

Per la seva banda, Ducos (1978) incorpora de forma clara en la seva definició un element essencial en el desenvolupament de l'activitat humana, l'organització social, econòmica i cultural de les societats humanes. Així, “*Domestication can be said to exist when living animals are integrated as objects in the socioeconomic organization of the human group, in the sense that, while living, those animals are objects for ownership, inheritance, exchange, trade, etc as are the other objects (or persons) with which human groups have something to do*”. Cal notar també la inclusió de la idea de propietat en el seu sentit més modern, els animals com a objectes.

Si bé el debat entre ambdós autors és intens, les seves definicions no són excloents, ja que caracteritzen aspectes diferents de la domesticació. El propi Ducos (1989) reconeix la seva proposta com una justificació d'aproximació metodològica a l'estudi de la domesticació, mentre que veu en la definició de Bökönyi un punt de referència sobre on podem començar a parlar de domesticació.

És possible però, que un dels problemes essencials sobre el concepte de domesticació es trobi en la pròpia idea de l'animal domèstic (o domesticat) com una mena d'element preexistent a la pròpia domesticació. La omnipresència dels animals domèstics en la societat actual indueix a considerar-los com un objectiu a aconseguir abans que a veure'ls com el resultat d'un seguit d'accions, conscients o no, d'humans i animals amb conseqüències que es projecten de manera bidireccional en l'esfera biològica, etològica, cultural i social de tots dos grups. Les aproximacions arqueològiques trenquen gairebé des d'un primer moment amb la dicotomia salvatge/domèstic, en el sentit que reconeixen la naturalesa gradual del procés de domesticació de forma implícita i explícita quan posen en valor les múltiples possibilitats d'interacció entre humans i animals i emfatitzen la idea de control.

En aquesta línia, Hecker (1982) rebutja completament el concepte de domesticació per considerar-lo inadequat al ventall d'opcions mitjançant les quals humans i animals poden

relacionar-se. Per Hecker, la idea de control cultural, plantejada amb majors limitacions per Dyson (1953) reflecteix millor la naturalesa de les relacions entre humans i animals, per bé que els animals domèstics estan sota un control cultural però els animals salvatges també poden estar sota un control cultural sense que això impliqui la seva domesticació. Així *“cultural control is that array of human behaviors that has a profound effect on some aspect of the exploited animal population's natural behavior and dramatically interferes with its movements, breeding schedule, or population structure in such a way as to make the animals more ‘accessible’ to humans”*. La proposta de Hecker trenca amb la dicotomia biològica tradicional de domèstic/salvatge i permet incorporar de forma efectiva en el discurs de la domesticació tot un seguit de relacions entre humans i animals, de pràctiques humanes en alguns casos o comportaments animals en d’altres, que, partint de les definicions fins ara enunciades, no podríem considerar domesticació pròpiament dita, malgrat que la interacció influènci de forma clara el transcórrer natural de les seves vides. No és el primer, però. Tal com posa de manifest Russell (2002), *“we are indebted to the palaeoeconomy school for introducing the concept of human-animal relations (or “man-animal relations,” as they put it), as an alternative to the wild/domestic dichotomy (Higgs & Jarman, 1972; Jarman, 1972, 1977; Jarman & Wilkinson, 1972)”*.

Jarman (1977) rebutja igualment el concepte de domesticació i articula al voltant de 8 estadis el grau de domesticació que les diferents practiques socioeconòmiques representen. Seguint criteris similars, Brothwell (1975) construeix el seu *Eight Point System*. Més recentment Vigne (2011) adopta una fórmula similar en la seva definició, que s’articula de forma genèrica per animals i plantes. En paraules seves *“Domestication can be considered as an ultimate phase of intensification in the relationship between animal or plant sub-populations and human Societies. It is comprised of several grades of intensification that, by various means and over varying periods, may end with the emergence of domestic animal as well as plant and microorganism lineages shaped by humans. The control of wild animals is a form of domestication that does not entail any visible morphological modifications, at least from an archaeology point of view”*. Vigne (2011) reforça el paper que les característiques intrínseques dels animals juguen en el procés de domesticació (antropofília, comensalisme) a la vegada que fa èmfasi en la rellevància de la intervenció humana (*“control in the wild”*, control d’animals captius, cria extensiva, cria intensiva i mascotes). De la mateixa manera que Jarman i Brothwell, Vigne remarca la individualitat de les categories que defineix, doncs malgrat reflecteixen estadis diferents d’intensificació del control humà sobre els animals, aquestes no formen part d’un procés lineal i unidireccional. Al mateix temps, lliga la idea d’animal domèstic a l’aparició de modificacions biològiques, separant-ho així dels processos de domesticació que no han de suposar, necessàriament, l’aparició de modificacions biològiques.

Els *“camins cap a la domesticació” (pathways to domestication)* de Zeder (2012) prenen una estructura similar a l’hora d’abordar la problemàtica de la domesticació. La seva proposta és, però, més propera a la de Horwitz (1989), en la mesura en que posa el seu focus d’atenció en els mecanismes implicats. Comensalisme, domesticació de preses, domesticació dirigida, captius domats i experiments en domesticació són les categories que planteja. Els comensals domesticats són el resultat d’una intensificació o especialització de les relacions entre els

animals que s'integren en els medis antropitzats (perquè hi poden sobreviure amb major facilitat) i els humans que els generen per establir una relació de benefici mutu. La domesticació de preses es planteja, en canvi, com el resultat de la intensificació de les pràctiques desenvolupades per afavorir el desenvolupament de poblacions naturals de determinades espècies caçades. La domesticació dirigida ve determinada per l'inici conscient de pràctiques de pressió i selecció sobre els animals, previ coneixement i reconeixement del concepte i origen d'animals domèstics ja existents, dirigides a l'obtenció d'una varietat més adequada a les necessitats humanes. La doma d'animals captius només contempla l'adaptació conductual d'individus concrets, no la seva reproducció, mentre que els experiments en domesticació inclou els animals que s'han volgut domesticar però no ha resultat possible.

Aquestes aproximacions mecàniques al procés de domesticació són especialment interessants a l'hora de remarcar la naturalesa gradual del procés de domesticació i ajuden a posar de manifest i, a la vegada que reconeixen el paper compartit d'ambdós elements en el procés, defineixen diferents interaccions entre humans i animals, fet que permet establir un cert marc de referència a l'hora d'establir connexions entre les dades aportades pels conjunts arqueozoològics. En aquest sentit, recullen la major part de factors que els diferents autors han considerat part dels processos de domesticació. La vessant biològica de l'estudi de les restes té un pes fort en la majoria de les propostes, en la mesura en que es concentren els esforços en entendre els canvis que es produeixen en els animals: morfologia, comportament, estructura social, etc i quins són els mecanismes per mitjà dels quals s'aconsegueix la transformació.

Els plantejaments de control, de propietat, d'intensificació de les relacions entre humans i animals, prenguin la forma que preguin, tenen una clara doble vessant, i si volem prendre una perspectiva arqueològica plena, hem de saber veure les conseqüències que aquests models de relació impliquen tant per als receptors, els animals, com per als actors, els humans o, més aviat, els grups humans, la societat. Les relacions humans-animals que s'estableixen entre els grups caçadors-recol·lectors que desenvolupen pràctiques de subsistència i el seu entorn són, fins a cert punt, equiparables a les que la resta d'animals estableixen amb la natura per garantir la seva supervivència. Possiblement, l'ús d'eines més optimitzades, tant per caçar com per processar aliments, o una major capacitat d'emmagatzematge suposen un cert avantatge per als humans que desenvolupen aquestes estratègies, però en essència, les activitats no són especialment diferents. Braidwood (1957) ho expressava de forma més crua: *"a man who spends his whole life following animals just to kill them to eat, or moving from one berry patch to another, is really living just like an animal himself"*. Salvant les connotacions pejoratives cap a la 'vida salvatge' i la parcialitat del concepte de 'l'home caçador', podem derivar que la intensificació de les relacions humans-animals així com la incorporació d'activitats de control suposa, per defecte, un canvi en la forma de relacionar-se amb l'entorn, d'entendre'l i pensar-lo i, per tant, el pes del concepte de domesticació ha de recaure en el rol social dels animals. Ingold (1984) fa especial èmfasi en aquesta qüestió i un s'ha de veure reflectit en el desenvolupament social dels grups humans. Ingold (1980, 1984) posa l'accent en el rol dels animals com a elements d'interacció i com a recursos. Així, *"a wild animal is one that is not, in the living state, 'engaged' by the structure of social relations of the human community. It has no place in society, neither in direct, inter-subjective relations with members of human domestic groups (as the*

*animal which is tame), nor as the object or vehicle of relations between particular individuals or households. Thus in opposition to the wild, the process of domestication (often incorrectly rendered as 'breeding') refers to the social incorporation or appropriation of successive generations of animals”.*

Meadow (1984, 1989) recull aquesta conceptualització i ho defineix com un procés diacrònic selectiu de canvi en les relacions humans-animals que es tradueix en un major interès per l'animal viu que per l'animal mort, amb un especial interès pel producte principal dels animals vius, els descendents. Sota aquest plantejament, els animals són un recurs i podem caracteritzar les idees de control i de la intensificació de les relacions sota l'ombra de l'apropiació de la reproducció. És clar, doncs, que per Ingold i Meadow, l'apropiació de les properes generacions és el que defineix la domesticació. Així, la domesticació no entén d'animals salvatges o domèstics, sinó de la reproducció dels animals i els seus descendents en captivitat. Quedarien fora de la idea de domesticació totes les situacions en les que els animals són incorporats en el sí de la societat però sense intenció de fer que es reproduïen, com per exemple, la captura i manteniment estacionals d'animals, sigui com a forma puntual d'emmagatzematge *in vivo* o com a procediment de tipus ritualista, o la doma d'animals. Aquesta limitació estricta de la domesticació és potser el punt de xoc d'aquesta definició. En la mesura en que és capaç de donar una forma amb uns límits clars a la domesticació, sembla afavorir la idea de la domesticació com un esdeveniment immediat a la vegada que observa certa negligència per altres pràctiques de control dels animals. En aquest sentit, plantejaments com el de Vigne (2011), que també lliga la domesticació a l'apropiació de la reproducció, ajuden a trencar amb aquesta immediatesa i a reconèixer la variabilitat en les interaccions entre humans i animals que precedeixen i coexisteixen amb la domesticació.

L'apropiació de la reproducció incorpora la domesticació com un més dels factors implicats en les dinàmiques de producció que caracteritzen el nou mode de vida definit tradicionalment a través de la “Revolució neolítica”(Saña 1999). Aquesta nova apropiació dels recursos animals es contraposa al mode de vida caçador-recol·lector, per bé que els estratègies productives estan encaminades “a la constitució de reserves en el marco de un ‘programa económico’ a largo plazo”. La domesticació doncs, suposa un canvi en les relacions de producció que es tradueix en una transformació econòmica i social dels grups humans (Saña 1999). En aquest sentit l'apropiació dels animals vius i la seva incorporació en una determinada societat humana suposa un canvi en les relacions de propietat establertes entre els grups humans i el seu entorn. La pròpia idea de pertinença a una societat determinada, de propietat individual o col·lectiva, representa, per defecte, un accés restringit als recursos.

La domesticació queda així ben definida pels plantejaments de Meadow i Ingold, i pensem que l'apropiació de la reproducció permet establir uns límits clars i adients per definir i estudiar la domesticació. Cal remarcar però, que les múltiples i diverses relacions entre humans i animals són també una part important del canvi de paradigma que suposa la domesticació. En aquest sentit, la noció de control, dirigida a la limitació deliberada del moviment dels animals podria prendre una especial rellevància. Si considerem que la domesticació requereix de l'apropiació de la reproducció, aquesta apropiació requereix, per se, de constrènyer i limitar el moviment dels animals per tal de fer-la veritablement efectiva. El control efectiu del moviment dels

animals és, doncs, condició *sine qua non* per apropiar-se de la descendència dels animals i pot tenir, de fet, efectes relativament immediats en el desenvolupament biològic dels animals controlats causats per l'estrès físic i psicològic que l'adaptació a noves condicions pot suposar. Val a dir però, que si bé el control de la reproducció requereix el control de la mobilitat, aquest control de la llibertat de moviment no implica necessàriament domesticació.

En definitiva, el concepte o categoria de salvatge no seria antagònica a la de domèstic (Dobney i Larson, 2006)

## 2.2. Definició i concepte de ramaderia

La ramaderia es defineix com tots els processos de treball de producció i manteniment dels animals necessaris per a obtenir-ne els seus productes o la seva força de treball. En aquest sentit, mentre que la domesticació es caracteritza pel seu component eminentment social, la ramaderia engloba els procediments tècnics i les estratègies adoptades per gestionar el manteniment, creixement i reproducció dels animals així com per obtenir-ne (o afavorir-ne la producció) determinats productes o utilitzar-los com a mitjà de producció (Saña, 1999). Les activitats de caça, pesca i recol·lecció concentren els seus esforços en l'obtenció dels productes *postmortem* dels animals. Això inclou, sobretot, la carn, però també os, banya, pell i tot aquell producte que es vulgui aprofitar de la carcassa de l'animal mort. La implementació de les tècniques ramaderes possibilita, a més, l'obtenció dels productes animals *in vivo*. La ramaderia obre les portes a l'explotació de la llet i de les fibres animals (pèl i llana) i a la utilització dels animals com a mitjà de producció (utilitzant-lo de mitjà de transport directe, per carregar objectes o persones o tirar d'eines agrícoles, per exemple). Pel que fa als productes *postmortem*, la seva obtenció resta en la ramaderia supeditada o condicionada pel manteniment del ramat, si bé de forma habitual la caça o la pesca mantenen un paper complementari o suplementari evident.

Obtenir alguns d'aquests productes animals que considerem *in vivo* fora de l'àmbit ramader és, però, possible. L'arrel de la qüestió es troba en la reproductibilitat i la recurrència d'aquestes pràctiques. Evidentment, podem obtenir fibres animals d'un animal mort. És clar que, només de forma puntual, un cop mort ja no generarà més pèl. Podem obtenir llet d'un animal salvatge? Certament, però només sota condicions molt determinades que allunyen el producte de qualsevol plantejament de recurs òptim. La ramaderia doncs, habilita la replicabilitat i la recurrència en l'obtenció d'aquests productes, optimitza i facilita l'accés a ells.

La importància històrica d'aquests productes és tal, que s'utilitzen per justificar i explicar el canvi en el model productiu. Es pugui o no establir aquesta relació de causalitat, la importància d'aquests productes per al mode de vida ramader és innegable i, en aquest sentit, les estratègies de gestió dels ramats s'adapten a la producció d'uns o altres productes en major o menor mesura.

### *2.2.1. Producció d'aliment carni*

La producció d'aliment carni és el tipus d'explotació ramadera més propera al model caçador, en la mesura en què ambdós s'han definit en relació a l'obtenció del que s'ha considerat el principal producte que l'animal mort pot aportar, la carn. El valor de la resta de productes que es poden obtenir a partir del processat de la carcassa de l'animal queden en bona mesura relegats a un segon pla. L'explotació de la carn es caracteritza pel sacrifici dels animals en el seu òptim càrnic (Helmer, 1992). De forma general, podem limitar aquest concepte a la relació òptima entre el treball invertit per al manteniment i creixement de l'animal i la quantitat de producte que retorna. Sota aquesta consideració, els animals es sacrifiquen habitualment en una franja d'edat determinada que va des del seu deslletament fins a l'edat subadulta, quan la velocitat de creixement es redueix. Dit d'una altra manera, entre el màxim retorn sense inversió i la mínima inversió per al màxim retorn. Els interessos que mouen la tendència cap a una o altra situació són, molt possiblement, culturals i propis de cada grup humà en dependència també de les seves necessitats. Més o menys greix, més carn, carn més tendra, sabor, etc., són condicionants socials que poden afectar en certa mesura al model de producció càrnia adoptat. El condicionant essencial és, però el manteniment de ramat, i cal que l'estratègia adoptada en garanteixi la supervivència.

Malgrat tot l'obtenció de carn no està limitada al concepte de l'òptim càrnic, sinó que l'única condició és la mort de l'animal. Si bé aquesta característica definitiva de l'obtenció de carn podria semblar un factor contrari a l'obtenció dels productes de l'animal viu, la realitat és que la integració d'altres estratègies productives rendibilitza el model càrnic. Helmer (1992) considera la producció de carn com el tipus d'explotació ramadera més antic. Cal matisar però, a partir de les evidències arqueològiques disponibles, que la caça d'animals de talla gran no es veu especialment afectada per la intensificació de les primeres pràctiques ramaderes i podria ser, de fet la principal font d'obtenció de carn (Peters et al. 2005).

### *2.2.2. Producció de llet*

Des de la Revolució dels productes secundaris de Sherratt (1981), que desenvolupava l'explotació de la llet i els seus derivats i la llana entre el IV i el III mil·lenni BC a Mesopotàmia i la seva posterior difusió cap a Europa per migració d'idees o persones i ramats, l'explotació de la llet s'ha convertit en un dels focus més importants de l'estudi de la domesticació al mateix temps que es pren en consideració com un probable catalitzador de la domesticació (Roffet-Salque et al. 2018).

La llet és una font d'aliment d'alt valor nutricional que contribueix al correcte desenvolupament dels infants de les diferents espècies de mamífers. La seva composició varia d'unes espècies a les altres en funció de les diferents necessitats dels recent nascuts i això és especialment notable en el cas dels humans, que té més quantitat de lactosa i menys de proteïnes que la resta de mamífers (Roffet-Salque et al. 2018). L'explotació ramadera de la llet implica, però, la transformació de la llet d'altres espècies en un producte de consum habitual. Però, en principi, els mamífers no poden consumir llet un cop passada l'etapa infantil, ni tan sols la de la pròpia



espècie. La capacitat per digerir i assimilar els nutrients que aporta la llet depèn de la lactasa, l'enzim que s'encarrega de descompondre els sucres de la llet, la lactosa. Aquest enzim però, desapareix un cop superada l'etapa de lactància, la llargada de la qual pot variar segons l'espècie. La ingesta de productes alimentaris rics en lactosa a partir de la pèrdua dels enzims de lactasa es pot traduir en malestar abdominal, flatulència i diarrea (Flatz i Rotthauwe, 1977), intolerància a la lactosa. Avui en dia però, al voltant del 35% de la població mundial adulta pot digerir la lactosa sense problemes (Gerbault et al., 2011) ja que conserva l'enzim de la lactasa a causa d'una mutació genètica (*Lactase persistence, LP*).

Tot i això, cal tenir en compte que el processat de la llet contribueix significativament a reduir el contingut de lactosa en els subproductes de la llet. Quallar la llet permet separar el sèrum ric en lactosa de la quallada, que en té quantitats baixes i es pot consumir directament o fer-ne formatges. La crema de llet també té menys lactosa que la llet i, per tant, també la mantega que se'n pugui fer a partir d'aquest producte. La fermentació de la llet converteix la lactosa en àcid làctic per fabricar iogurt, si bé la quantitat de lactosa no es redueix gaire. En aquest sentit, la reducció del contingut de lactosa mitjançant la fabricació de subproductes permetria alleugerar qualsevol símptoma que es pogués derivar del consum de llet en una persona intolerant a la lactosa (Roffet-Salque et al. 2018). D'altra banda, val a dir que no és estrictament necessari que la producció de llet estigui enfocada tant al consum dels adults com al dels infants, si bé és igualment plausible. De tota manera cal també tenir en compte que la flora intestinal també juga un paper important en la digestió de la lactosa (Lomer, 2008), fet que ajuda a explicar els casos recurrents d'individus adults que no són LP però que, malgrat això, consumeixen llet a diari sense que això generi efectes adversos (Ingram et al. 2009, Szilagy, 2015).

La distribució heterogènia actual dels individus amb LP (Ingram et al. 2009; Itan et al. 2010) mostra una correlació clara amb la distribució de comunitats històriques i prehistòriques amb clars vincles amb el consum de llet (Simoons, 1970; Holden i Mace, 1997), fet que dóna suport a la hipòtesi del *gene-culture co-evolution* (Holden and Mace, 1997) provocat pel canvi en la dieta. Les dates d'origen calculades tenint en compte la supressió per recombinació de l'al·lel associat a la LP a Europa se situen fa 2188-20650 anys (Bersaglieri et al. 2004) i, de forma similar en els al·lells d'LP a Àfrica, fa 1200-23200 anys (Tishkoff et al. 2007). Tenint en compte l'observació dels al·lells en baixes freqüències però, se situa l'aparició de les mutacions al continent eurasiàtic entre l'arribada dels humans moderns fora d'Àfrica i abans del Neolític (Klein 2000; Relethford 2001; Coelho et al 2005)

Donat que la llet és la única font natural de lactosa coneguda, des d'un punt de vista genètic es fa difícil entendre la selecció positiva cap a la LP sense el consum de llet (Gerbault et al 2011).

De forma relativament recent, els anàlisis de residus orgànics en vasos ceràmics han permès establir vincles directes amb l'explotació de la llet. La utilització de vasos ceràmics per a processar la llet fa que els lípids de la llet s'incorporin als porus de la ceràmica, fet que en permet la seva conservació (Evershed, 2008). De la mateixa manera, el processat d'altres productes de consum en aquests vasos pot generar una absorció i conservació similars. L'anàlisi d'aquests compostos atrapats a la ceràmica permet detectar, mitjançant "biomarcadors" (Evershed, 2008) la presència de ceres vegetals (Charters et al. 1997) i de cera d'abelles

(Evershed. et al. 197), resines i quitrans (Breu et al. 2019) i és clar, greixos d'origen animal, on s'inclou la llet (Evershed et al. 2008). L'obtenció de dades més concretes sobre l'origen dels greixos animals, si és greix d'animals remugants o no remugants, o si prové de la carcassa de l'animal o de la llet requereixen anàlisis isotòpiques específiques dels compostos (Evershed et al. 2002, Breu 2019).

La detecció de residus de lípids làctics en ceràmiques és un indicador clar de l'explotació, el processat i el consum de la llet. A tall d'exemple, l'anàlisi de residus ha permès documentar l'ús de la llet al nord-oest de l'actual Turquia en jaciments arqueològics datats del 8500 BP (Evershed et al. 2008). Tot i això, no permet incidir en les tècniques de processat emprades, més enllà del possible us de foc o les inferències funcionals que la morfologia del vas permeti.

Abans d'arribar a explotar la llet cal, però, produir-la. La producció i ejecció de llet depèn en bona mesura de l'oxitocina generada per l'estímul sensorial i tàctil dels nounats. La proporció de llet que les femelles de les diferents espècies produeix és diferent i aquest fet influeix en una major o menor necessitat d'aquests estímuls. En el cas dels caprins és possible separar les cries de les seves mares sense afectar a la producció de llet, mentre que les vaques poden interrompre la producció de llet si no alimenten les seves cries (Halstead, 1998; Balasse, 2003).

Les estratègies de gestió i manteniment dels ramats desenvolupades per a produir llet s'han d'adaptar, *a priori*, a les necessitats pròpies de cada espècie. En aquest context, les cabres són el candidat perfecte per a la seva explotació làctia, produeix proporcionalment més, durant més temps i amb menys dificultats que les altres espècies i, a més, són més resistents (Merrill and Taylor 1976).

Les estratègies de gestió enfocades a maximitzar la producció de llet buscaran mantenir un major nombre de femelles en edat reproductiva amb un o molt pocs mascles utilitzats amb fins reproductius (Helmer, 1992). El període d'alletament, en tot cas, no es necessàriament exclusiu de la cria, i és possible l'extracció de llet després de l'alletament, si bé amb la voluntat d'assegurar la màxima producció es podria retirar la cria aviat. En el cas de les vaques, que podríem dir que serien el cas més sensible a aquesta pràctica, cal dir que amb els parts subsequents al primer són més propenses a poder alimentar altres vedells i a produir llet sense l'estímul de la cria. Igualment, la utilització de diferents tècniques per estimular la producció de llet, com la d'insuflar aire a la vagina de la vaca, és perfectament plausible (Schams et al. 1982; Bruckmaier i Blum, 1992).

### 2.2.3. Explotació i ús de la força i energia animal

La utilització dels animals com a mitjà de producció és una activitat tradicionalment relacionada amb el desenvolupament de l'agricultura i les tasques forestals i de gestió del medi. Si bé posem el focus d'atenció en les primeres espècies domesticades, val a dir que els animals emprats per carregar béns i persones o tirar d'enginyers humans són molts i variats (Alves, 2018). De fet, molts d'aquests animals no es consideren encara avui com domèstics. Sense entrar-hi en detalls, a més dels gossos, ovelles, cabres, bous i porcs, animals com alpaques, ants, ases, búfals,

camells, cavalls, dromedaris, elefants, iacs, llames, mules, rens, etc. han carregat amb el pes de l'activitat humana (Goe and McDowell, 1980). Potser perquè els bous són el principal animal de càrrega a nivell mundial (Starkey 2000), hi ha una tendència a focalitzar aquestes pràctiques en aquesta espècie, considerada la primera espècie explotada d'aquesta manera (Davis, 1987). L'explotació de la força d'aquest animal consisteix generalment en el manteniment de certs individus fins que comencen a perdre força, fet que queda reflectit en un major nombre d'individus sacrificats en edat adulta, sense un patró de sacrifici concret per als animals joves (Helmer, 1992). Starkey (2000) considera comú l'ús de mascles per aquestes tasques donada la tendència dels ramats de bous a produir més mascles que femelles, la major força d'aquests i la possibilitat de castrar-los, que els fa més dòcils i n'augmenta la massa muscular. Tot i això, no s'ha de menystenir l'ús de vaques per a aquestes mateixes tasques. Els testimonis etnogràfics són abundants, i la menor força (que no per això és poca) facilita el control i la guia durant el desenvolupament de les tasques. Cal considerar, a més, que l'explotació de la llet no és del tot incompatible amb les tasques agrícoles, sigui durant la vida útil de la força de l'animal o un cop acabada, i això és un factor important a considerar a l'hora d'escollir l'animal.

Els porcs cauen pràcticament fora de l'àmbit d'explotació de la seva força. Si bé es documenten casos etnogràfics en què s'utilitzen porcs per tirar de carros, o com animal de munta, totes les evidències apunten més aviat a la seva explotació gairebé única com a font de carn. No negarem la possibilitat de que casos similars es produeixin de forma esporàdica, però està molt lluny de poder ni tan sols plantejar-ho com una pràctica regular.

L'ús dels gossos com animals de tir és certament innegable (amb el seu màxim exponent en els trineus), igual que el seu ús per carregar eines o provisions en missions de rescat. Germonpré et al. (2012) aposten per l'ús de llops en trineus en grups caçadors recol·lectors com un dels detonants de la seva domesticació.

L'ús de cabres i ovelles com a animals de càrrega és una hipòtesi que ha estat molt poc explorada. De fet, es tracta d'un plantejament que en molts casos no s'ha tingut en compte (Halstead & Isaakidou 2011; Zeder 2012; Greenfield & Arnold 2015) o fins i tot s'ha descartat per improbable (Russell 2012; Uerpmann & Uerpmann, 2012). Només recentment, Sutliff (2019) proposa que les primeres cabres domèstiques haurien estat domesticades com a animals de càrrega i no per la llet, que en seria una conseqüència indirecta. Segons Sutliff (2019) "*Evidence suggests that training the oriental mouflon (Ovis orientalis Gmelin, 1774), ancestor of the domestic sheep (Demirci et al. 2013), and bezoar goat (Capra aegagrus Erxleben, 1777), ancestor of the domestic goat (Daly et al. 2018), to carry human-imposed loads would have been easy*". En aquest sentit, argumenta sobre la tendència natural de les cries de cabra i ovella, especialment en el cas dels mascles (Kendrick et al. 2001), a seguir l'espècie adoptiva quan se les separa de les mares (Schaller 1977: 280; Kendrick et al. 1998; Kendrick et al. 2001). A aquesta predisposició se li afegeix l'agudesia visual d'aquestes espècies (Schaller 1977; Mionczynski, 1992) i la seva elevada resiliència i mobilitat. En especial les cabres, tenen facilitat per moure's en terrenys escarpats i difícils i poden sobreviure amb facilitat amb aliment de baixa qualitat i poca aigua (Phillips 2001; Konuma et al. 2012). La hipòtesi posa de manifest la necessitat de cabres de càrrega a la vista de les evidències arqueològiques de les xarxes de distribució d'obsidiana en jaciments com Cafer Höyük (Cauvin, 2002), o el seu possible ús per

ajudar en els desplaçaments estacionals pels Zagros en jaciments com Chogha Bonut i Ali Kosh (Hole et al. 1969; Redding, 2003). Així mateix, propostes com la de Germonpré et al. (2012) per a l'ús de llops en trineus o la hipòtesi de la captura de rens per reduir el treball en grups caçadors-recol·lectors del nord (Storli, 1996) són significativament properes en els raonaments que sostenen aquesta proposta. El reconeixement arqueològic d'aquestes pràctiques és complex en la mesura en que els perfils d'edat atribuïbles a aquesta pràctica es solapen amb els models d'explotació de la llet. En aquesta línia, caldrà posar en valor aquesta 'nova' possibilitat, a l'hora d'interpretar els patrons de sacrifici i, sobretot, valorar els possibles efectes d'aquestes pràctiques sobre l'esquelet de l'animal.

#### *2.2.4. Explotació i ús de fibres animals*

L'explotació de les fibres animals és una més de les activitats que el desenvolupament de la ramaderia i la domesticació permeten. Les fibres animals explotades són el pèl i la llana. Si bé les característiques pròpies de la llana ens permeten establir aquesta diferenciació, ambdós fibres tenen un origen similar. Els mamífers terrestres estan coberts per dues capes de pèls diferenciades. La primera, amb pèls curts, poc pigmentats i fins ajuda a aïllar la temperatura del cos de l'animal; la segona, amb els pèls llargs, gruixut i ben pigmentats, que determinen el color del pelatge (Marinis i Aspreas, 2006a, 2006b). La llana s'origina a partir d'aquesta primera capa de pèl interior i només seria visible durant l'època de muda (Sudo, 2010). Sota aquest plantejament, l'explotació inicial de les fibres animals es duria a terme essencialment durant aquest període, aprofitant la caiguda natural del pèl més que tallant-lo (Masurel, 1989; Helmer, 1992). Aquesta llana doncs, seria el resultat de múltiples generacions de cria selectiva d'ovelles (Ryder 1993) i, si bé les evidències més o menys clares d'ovelles de llana augmenten a partir de *c.* 5000 BC (Davis; 1984, 1993), entre les quals trobem la figureta de fang d'una ovella de Tepe Sarab, la llana tal com la coneixem ara no es pot documentar amb claredat fins com a mínim dos mil anys després (Ryder, 1993).

L'estudi de Marinis i Asprea (2006) aporta dades significatives sobre els canvis morfològics dels pèls de cabres i ovelles. En línia amb els efectes habituals de la domesticació, el seu estudi demostra que el pèl de les varietats domèstiques estudiades d'ambdues espècies conserven les característiques externes (estructura medul·lar i patró cuticular) del pèl en l'edat juvenil. Per contra, l'aparença general del pèl de les varietats salvatges estudiades varia en funció de l'edat. Així mateix, és especialment significatiu que l'estructura cuticular, relacionada amb l'estructura i la funció de la capa exterior de pèl (Meyer et al 2001), del pèl de les ovelles sigui marcadament diferent del seu ancestre salvatge mentre que en les cabres aquest fet no es doni. És una mostra clara de la major intensitat de les pressions selectives aplicades sobre les ovelles.

En tot cas, cal posar de manifest que l'explotació del pèl és igualment viable en ambdues espècies. L'explotació habitual avui en dia de la llana i també del caixmir en són, potser, els exemples més propers. Així mateix, tal com es proposa al jaciment de Domuztepe per a cronologies del Neolític final (Kansa et al 2009), l'ús de fusaióles lleugeres permetria filar tot tipus de fibres, vegetals i animals, encara que fossin curtes. La forta selecció de les ovelles des

de la seva domesticació és un indicatiu clar de la importància de l'exploració del pèl per fabricar 'teixits'.

L'exploració de les fibres animals es caracteritza així per la matança dels individus majoritàriament en edat adulta, de manera que puguin produir durant més temps (Helmer, 1992). Aquest mateix autor considera que l'edat de sacrifici és més important per a l'exploració de les fibres animals, i estima aquest moment, per cabres i ovelles, entre els 4 i els 6 anys.

Les pràctiques ramaderes concerneixen específicament a la manera en què les diferents comunitats realitzen tota la sèrie d'operacions implicades en la ramaderia. Les pràctiques depenen de les característiques tècniques, socials i cognitives i de les tradicions, creences i representacions mentals del grup humà, expressant les seves especificitats culturals. Les tècniques i pràctiques ramaderes estan, doncs, íntimament lligades i organitzades amb la finalitat de respondre a les necessitats de l'exploració animal. No obstant això, són variades les estratègies de gestió ramadera que poden seguir-se per a l'exploració dels productes animals, en funció de l'espècie, nombre d'espècies, característiques ambientals i climàtiques, experiència i tradicions de cada població o comunitat. Si bé en la societat actual la ramaderia persegueix principalment finalitats econòmiques i de mercat, no s'han de perdre de vista les funcions culturals i socials atribuïdes al bestiar en algunes societats (dot, propietat). Tècniques i pràctiques engloben, doncs, diversos paràmetres en el marc general de la gestió ramadera, basant-se principalment en l'equilibri entre la fisiologia dels animals, condicions climàtiques, necessitats i decisions humanes.

Més enllà dels aspectes tècnics, el fet important a nivell històric es que la ramaderia comportà nous processos de treball que requeriren canvis importants en l'organització comunitària. Aquests nous processos de treballs deriven de la necessitat d'assegurar a més llarg termini la cara i reproducció animal. Es cert que en societats caçadora i recol·lectores el control demogràfic dels ramats era aspecte que ja es desenvolupava. La pràctica de caceres especialitzades pot tenir precisament aquesta finalitat, vetllar perquè les poblacions naturals no perdin les possibilitats de reproduir-se i això generar nous recursos. La diferència que aporta la ramaderia es què aquestes operacions estan planificades a més llarg termini i es basen en una interacció més continua i directa amb els animals.

#### *2.2.5. Cria i manteniment els ramats d'animals domèstics*

La domesticació va comportar canvis en la manera en que humans interaccionen amb determinades espècies animals. Aquestes espècies comencen a ser més fàcilment disponibles i, en determinats casos, més abundats (Alves et al. 2018). El comunitats humanes seran cada vegada més dependents d'aquets animals. Per això necessiten desenvolupar nous mitjans per assegurar la seva supervivència a més llarg termini. Un dels principals serà la seva cria en captivitat, aïllant-los de les poblacions naturals a les que fins ara pertanyien. Es comencen a desenvolupar d'aquesta manera diverses tècniques i formes d'organització del treball que desembocaran en la ramaderia. No sempre però el control espacial de les poblacions animals o ramats implica la seva estabulació. Son diverses les formes d'interacció que es poden donar,

anant des del nomadisme pastoral, amb plena mobilitat, fins a la cria en espais confinats. La transició de la vida lliure a l'estat de captivitat sovint va acompanyada de canvis en la disponibilitat i l'accessibilitat als espais de refugi, als aliments i l'aigua, i per canvis en l'entorn social (Price, 1999). Durant aquesta transició es poden produir sobre les poblacions animals diverses accions de selecció sobre determinats animals de cara a la seva cria i sobre determinades característiques dels mateixos. Aquestes accions poden ser tant conscients com inconscients i poden presentar una gran variabilitat en funció de les característiques del medi, entorn social, objectius i necessitats dels grups humans. Els aspectes que més quedaren afectats varen ser les pautes d'activitat i de mobilitat en particular, els règims reproductius i alimentaris. En funció de com es gestionessin aquests aspectes i del tipus d'explotació que s'aplicava sobre els animals es varen anar desenvolupant, a la llarga, diferents varietats en el marc d'una mateixa espècie (Beaumont et al. 2002).

#### 2.2.5.1. Establució i captivitat: apropiació espacial de l'animal

Una vegada s'aïlla l'animal de la resta de la població salvatge, aquest veu reduïdes les opcions de resposta davant determinats estímuls. En poblacions domèstiques, les decisions sobre la composició i densitat dels ramats es prenen sovint en termes econòmics, variant per tant els paràmetres dominants en estat salvatge. Les comunitats humanes tendeixen a concentrar els animals domèstics en densitats de població més elevades que no a la natura, podent afectar aquest aspecte al grau d'estrès social a que es veuen sotmesos els animals. Al limitar l'espai de vida de manera artificial, l'estructura i jerarquia social de les poblacions d'animals també pot canviar, podent veure's reduïts els contactes interespecífics i dintre del mateix grup. Les variacions anuals i estacionals poden seguir també dinàmiques diferencials que a la natura.

El fet de tenir control sobre l'entorn social dels animals suposa implementar nous mecanismes de gestió i nous processos de treball, fins ara no necessaris pel control i obtenció dels exemplars salvatges. Implica també un bon coneixement de la biologia i comportament animal amb l'objectiu de minimitzar els errors de gestió. L'apropriació espacial de l'animal implica en aquesta línia desenvolupar nous mecanismes pe tal de que l'adaptació al nou espai per part dels animals no posi en perill al seva supervivència. Entre els aspectes que poden quedar més afectats cal mencionar la percepció, locomoció i pautes d'exercici.

De totes maneres, son variades les opcions que es poden seguir i significativament variats també els graus de control que aquest aïllament espacial implica. Els primers ramats domèstics es poden haver desenvolupat en condicions de llibertat, semi-llibertat, privació de moviment o ser plenament mòbils, com es el cas del nomadisme pastoral.

#### 2.2.5.2. Reproducció animal i control demogràfic

En el marc de la selecció artificial que apliquen les comunitats humanes, es seleccionen aquells exemplars que es destinaran a la reproducció, exercint d'aquesta manera el control demogràfic sobre les poblacions animals. La selecció depèn en gran mesura dels objectius econòmics que

es persegueixin amb la ramaderia, provocant canvis substancials en l'estructura dels ramats en relació a l'existent en poblacions salvatges (Helmer, 1992). Es poden veure afectats diversos aspectes que desembocaran, a la llarga, en canvis importants en el règim reproductiu d'algunes espècies domèstiques.

La reproducció de l'espècie estava fins al moment fortament condicionada a les condicions ambientals, seqüenciant aquestes els períodes de fertilitat, fecundació, part i alletament. El part té lloc en poblacions salvatges quan les condicions són més òptimes de cara a la supervivència de la mare i de les cries. La longitud del període de gestació depèn en els mamífers del pes corporal de la mare i del grau de desenvolupament de la cria al néixer. L'aspecte que s'ha vist modificat de manera més substancial amb la domesticació ha estat el moment de la reproducció, perdent aquest el seu caràcter marcadament estacional. S'ha avançat també el període de maduresa reproductiva i, en algunes espècies, s'ha incrementat el nombre de cries per part.

Aquests canvis responen sense dubte la pressió selectiva humana, encaminada poblament en els primers moments de desenvolupament de l'activat ramadera, a allargar el període de subministrament de productes càrnic i làctic durant el cicle anual.

A diferència de l'aspecte anterior, la reducció de la mobilitat, que implica disposar i condicionar espais específics de cara a la cria i manteniment del ramats, la reproducció no suposà necessàriament en els seus inicis desenvolupar mitjans tecnològics específics. Es tracta més aviat d'una qüestió de coneixement sobre la demografia de les poblacions salvatges.

#### 2.2.5.3. Alimentació: de natural a artificial

A la natura, els animals dediquen una gran part del seu temps i energia a buscar i consumir aliments i aigua. Seleccionen la dieta i el lloc on es procuren els aliments. Aquest aspecte queda completament anul·lat un cop l'animal viu en captivitat, dependent, al llarg terme, del subministrament humà.

L'aportació d'aliment extraordinari permet minimitzar els efectes ambientals en la disponibilitat d'aliment. Redueix també en part la diversitat d'aliments consumits. La disponibilitat d'aliment extraordinari vindrà condicionada en algunes comunitats per els l'èxit de les pràctiques agrícoles. Pot comportar també la practica d'estratègies mòbils amb els ramats, desplaçant-se en diversos medis altitudinals estacionalment.

#### 2.2.6. Ramaderia i organització social

Sens dubte, un dels canvis més importants amb la ramaderia és l'organització comunitària. L'animal o ramats d'animals domèstics passen a estar associats espacialment a una comunitat. Són els membres d'aquesta comunitat o assentament els que inverteixen treball en la seva supervivència i producció. El vincle no és per tant només espacial, sinó també de pertinença. A fi de no perdre el treball invertit i minimitzar les pèrdues en la producció, les accions descrites

anteriorment de control espacial, reproductiu i alimentari son essencials. Totes tres estan en interacció entre si i, a la vegada, amb la resta d'activitat econòmica, sobretot, en els casos en que es practiqui, amb l'agricultura.

La cria i manteniment d'animals comporta també un canvi de focus en els conceptes de temps i distància. En base a l'amplitud dels cicles reproductius, les activitats econòmiques s'han de programar a més llarg termini que no la cacera. Això no exclou, no obstant, que algunes estratègies de cacera especialitzades basades en el control reproductiu de les poblacions salvatges no tinguessin en compte la disponibilitat de recursos a mig i llarg termini. La diferència rau en el fet de que el control, en el cas de la ramaderia, es més directe, comportant més inversió de temps i treball. El rendiment de la inversió per a la tracció animal es retarda substancialment en el context de la producció agrícola, cosa que hauria contribuït a dependències a llarg termini entre les persones i el bestiar. La tracció i el transport haurien estat fonamentals per a la producció i la mobilització de matèries i productes. Aquestes noves possibilitats haurien contribuït a desenvolupar una nova concepció del paisatge i dels desplaçaments.

Aquesta programació a més llarg termini s'ha de combinar amb les activitats quotidianes implicades en la producció animal. A més del control de del bestiar, l'explotació làctia, de fibres animals, l'ús dels animals com a mitja de producció, la gestió dels fems, el condicionament dels espais de refugi i pastura, la preparació d'aliment extraordinari, .... constitueixen processos de treball que comporten un seguiment continu dels animals. Requereixen també desenvolupar noves feines i mitjans tècnics i, amb tot, una nova organització comunitària i de distribució de les tasques i beneficis.

La naturalesa de les interaccions societat-recursos animals que es van establir amb la domesticació va permetre també la intensificació en l'explotació de productes d'origen animal. En la naturalesa d'aquestes noves relacions confluirien diverses variables, entre les quals cal citar: valor econòmic i social del producte explotat, el rendiment del producte i el tipus, sexe, color i biomassa de l'animal (Fijn, 2011). La producció intensiva de productes secundaris va facilitar al mateix temps tota una sèrie de transformacions socials. Tot i que la producció làctia és destacada com un avenç en l'explotació de nutrients i calories (Sherratt, 1983), s'associa en menor mesura al fet, també significativament important en termes de gestió, de que genera quotidianament una proximitat física entre humans i animals (Allentuck, 2015). L'ús intensiu de la tracció animal contribueix també a transformar les relacions entre humans i bestiar. L'ús de la força animal permet que el numero de persones implicades en l'activitat agrària sigui més reduït, establint relacions de co-dependència més intenses entre els animals destinats a aquestes activitat i les persones responsables de les mateixes. La tecnologia per aprofitar la força del bestiar va suposar la substitució del treball humà (Allentuck, 2015). En termes econòmics, la sistematització de l'ús dels animals per la tracció i transport va produir un canvi conceptual dels animals com a fonts de nutrició als animals com a béns de capital (Bogucki, 1993). S'inicia d'aquesta manera un camí cap a la dependència mútua entre el bestiar i les persones, si bé a la llarga la instauració de l'explotació intensiva de productes secundaris dels animals va establir una co-dependència. Les persones i el bestiar, així com la llet, la tracció, el transport, les fibres,



els camps, les collites, els cultius, les eines agrícoles, l'aigua i els altres components materials i immaterials van actuar en una xarxa relacional de dependència (Allentuck, 2015).

### 2.3. Dades empíriques sobre les primeres domesticacions i pràctiques ramaderes al SE Asiàtic

Les dades disponibles actualment sobre les primeres domesticacions consoliden la zona del sud-est asiàtic com un dels focus més important en el desenvolupament de les que es consideren les quatre principals espècies domèstiques: *Bos taurus*, *Capra hircus*, *Ovis aries* i *Sus domesticus*. L'amplitud territorial que defineix el concepte de Sud-est asiàtic és en si mateixa significativa, doncs les primeres domesticacions són molt probablement fruit de múltiples esforços per adaptar-se a diferents problemàtiques locals que acaben convergint en estratègies d'apropiació dels recursos naturals similars. Així, cal tenir en compte que malgrat que el ventall d'espècies que habiten aquest ampli territori és molt similar, la seva distribució no és ni molt menys homogènia (Harlan 1976). Ni tampoc ho és el territori, més enllà de la consideració genèrica i certamen indefinida de sud-est asiàtic. Múltiples accidents geogràfics, condicions climàtiques i medis defineixen i condicionen el territori. L'accés als recursos hídrics és, en aquest sentit, una variable essencial tant per a l'assentament de grups humans com per a la distribució i presència de les diferents espècies animals. I, evidentment, les preferències d'habitat de les espècies en el seu estat natural influenciaran en la seva major presència o absència en determinades zones. Si bé cal valorar la influència que les preferències i tabús culturals puguin tenir sobre la caça de determinades espècies, aquesta distribució heterogènia dels animals queda en bona part reflectida en el ventall d'espècies explotades durant els últims moments del Plistocè.

En la mateixa línia, cal també posar de manifest que els ancestres de les espècies domèstiques que han arribat fins als nostres dies, *Bos primigenius* per al bou domèstic, *Capra aegagrus* per a la cabra, *Ovis orientalis* per a l'ovella i *Sus scrofa* per al porc, estan igualment presents en moltes altres àrees, territoris i continents, obrint així les portes a procés alternatius de domesticació (més geogràficament desmarcats que els que es puguin desenvolupar en el marc del sud-est asiàtic), hibridització i redomesticació. En tot cas, sembla que, per ara, el sud-est asiàtic engloba les primeres experiències en la domesticació, si bé són les subseqüents interaccions entre humans i animals les que acabaran de configurar les espècies domèstiques que coneixem avui.

#### *2.3.1. La domesticació de *Bos primigenius**

Les dades genètiques disponibles suggereixen que la domesticació de l'ur es va dur a terme inicialment a l'àrea del sud-est asiàtic a partir de la varietat endèmica, *Bos primigenius primigenius*, fa uns 10000 anys (Pitt et al 2018) i que donaria lloc a *Bos taurus*. De la mateixa manera, els estudis genètics donen suport a un segon procés de domesticació, uns 1500 anys més tardà i separat d'aquest primer, que hauria tingut lloc a la Vall de l'Indos. Aquest segon

procés planteja la domesticació de *Bos primigenius nomadicus* com a ancestre del zebú (*Bos indicus*), més resistents a climes calorosos i humits, però ja extints.

La domesticació de totes dues espècies va acompanyada d'una ràpida expansió. En el cas de *Bos taurus*, la dispersió avança especialment en direcció cap al continent europeu, bé per la línia de costa o seguint el curs del Danubi, i per la costa nord del continent africà fins a arribar a la península ibèrica. *Bos indicus* es dispersa cap a l'actual Xina i fins al sud-est asiàtic. Aquesta expansió de les varietats domèstiques va acompanyada de múltiples processos d'hibridació i barreja amb les poblacions locals de *Bos primigenius* que ja habiten les àrees de contacte, d'acord amb les diverses estratègies de cria i manteniment dels ramats desenvolupades (Troy et al. 2001; Achilli et al. 2008; McTavish et al. 2013; Park et al. 2015; Upadhyay et al. 2017). De forma similar, el contacte entre ambdues espècies domèstiques de bous dona lloc inevitablement a la hibridació d'ambdues espècies. De fet, els bous europeus són hereus d'aquesta hibridació, i s'hi pot reconèixer al voltant d'un 5 o un 10% d'informació genètica dels zebús (Decker et al. 2014; McTavish et al. 2013).

Així mateix, les dades genètiques permeten proposar un tercer focus de domesticació de l'ur (*Bos primigenius primigenius*) al nord-est africà fa uns 8000 – 9000 anys, que hauria donat lloc a la varietat africana de *Bos taurus*. Aquesta varietat de bou domèstic africà té suport a més en els diversos estudis arqueozoològics de les seves restes òssies (Applegate, Gautier i Duncan, 2001; Grigson, 1991, 2000; Stock i Gifford-Gonzalez, 2013), que presenten caràcters morfològics marcadament diferents del seu homònim europeu. Malgrat això, les dades disponibles no són concloents, i la hipòtesi d'un tercer centre de domesticació del bou està sota debat (Bovine Hapmap Consortium et al. 2009; Hanotte et al. 2002; Pérez- Pardal et al. 2010; Bonfiglio et al. 2012; Decker et al. 2014).

L'estudi recent de Pitt et al. 2018, condensa les dades genètiques disponibles per testar la validesa d'aquestes dues hipòtesis i les possibles variants mitjançant un model d'aproximació Bayesiana. Els resultats d'aquesta modelització suggereixen que, si bé la hipòtesi dels 3 centres de domesticació no és invàlida, els models amb dos centres de domesticació plantejats presentaven major suport. Així, es proposa l'origen del grup africà de *Bos taurus* en la hibridació amb les poblacions locals de *Bos primigenius primigenius* que deixarien una empremta clara en la informació genètica del *Bos taurus* europeu, on s'hi pot reconèixer fins un 10% del seu genotip (Decker et al. 2014; McTavish et al. 2013). La direccionalitat de la influència del bou africà sobre la composició genètica del bou europeu s'escapa però a la resolució del model Bayesià (Pitt et al. 2018) i resta indefinida la forma en què el component genètic africà del bou domèstic acaba per integrar-se en *Bos taurus*.

La domesticació del bou té, en tot cas, unes conseqüències clares en l'espècie que podem observar de forma especialment manifesta en la pèrdua eventual de les banyes en algunes races com la frisona. La pèrdua d'aquest caràcter és possiblement el resultat de la cria selectiva en base a la menor agressivitat. Així mateix, les primers canvis físics conseqüència de la domesticació els podem apreciar en la pigmentació del pelatge (canvi cap a colors negres o a clapes blanques i negres) i també en l'escurçament del musell (Dobney i Larson 2006). D'altra banda, l'apropiació dels bous suposa un canvi substancial en la seva esperança de vida. La

incorporació dels bous com a mitjà de producció dintre de les estratègies econòmiques dels grups humans supedita la seva supervivència a la fi de la seva vida productiva (declini de la productivitat), molt més curta que la seva esperança de vida real, doncs han de contribuir al manteniment del grup sense suposar una càrrega. Així, els bous de càrrega es sacrifiquen quan no poden mantenir l'esforç físic requerit, els destinats a l'explotació càrnica se sacrifiquen quan la velocitat de creixement es redueix i les vaques destinades a l'explotació làctia se sacrifiquen després de 3 o 4 lactàncies, cap als 6 o 7 anys a causa de l'estrès metabòlic que pateixen (Moran i Doyle, 2015).

Menys visibles són els canvis que la domesticació i la intensificació de les pràctiques ramaderes poden produir en la conducta dels bous. La mida i composició del ramat, la incorporació d'individus forans, llocs de refugi o el règim de captivitat influeixen en el comportament natural dels bous i en com interaccionen amb el seu entorn: reacció als perills, ingesta de menjar, cura del cos, mobilitat, territorialitat, descans i associació (social i reproductiva) (Moran i Doyle, 2015). Es tracta d'una espècie especialment sensible a la temperatura i la falta de ventilació, de refugi (per a la calor o la pluja) o la humitat són factors importants d'estrès que es reflecteixen negativament en l'alimentació o en la productivitat i que contribueixen, a més, al desenvolupament de malalties. Tenen també la capacitat per adaptar-se a viure en espais reduïts, amb poc més que el necessari per tombar-se i aixecar-se si bé cal dir que, com a herbívors que són, els bous tenen poca tendència a posar de manifest la seva incomoditat o dificultats per fer front a les condicions imposades, doncs no volen atreure atenció sobre sí (Moran i Doyle, 2015). La intensificació de les estratègies productives té doncs un impacte negatiu en el benestar dels bous. L'estabulació i la reducció de la mobilitat augmenta significativament els riscos de desenvolupar patologies que afecten la locomoció.

### 2.3.2. La domesticació de *Capra aegagrus*

Diversos estudis sobre els antecedents genètics de poblacions actuals de *Capra aegagrus* suggereixen que la domesticació de la cabra bezoar s'hauria dut a terme molt probablement des de dos focus principals localitzats a l'est de la península anatòlica i entre el sud dels Zagros i l'altiplà central iranià. Les dades genètiques recolzen un episodi de domesticació entre el Sud dels Zagros i l'Altiplà central iranià anterior al 9900-9700 BP. La falta de dades arqueològiques per a dates més antigues no permet, en tot cas, definir amb precisió l'evolució d'aquest procés més enllà de les evidències disponible per al jaciment de Ganj Dareh. S'hi documenta una preferència clara pel sacrifici de mascles joves sense descens de la talla aparent que, si bé s'ha interpretat com una evidència clara de domesticació (Zeder, 2005), també podria ser un reflex de control demogràfic de la població salvatge (Arbuckle, 2005).

L'altre focus de domesticació, la zona est de la península anatòlica, presenta un major volum d'evidències arqueològiques que li donen suport i ajuden a definir els primers canvis associats a la domesticació ja cap al 10500 BP. En aquest sentit, al jaciment de Nevalı Çori (Peters et al. 2005) s'evidencia ja durant l'EPPNB una menor talla (en relació al grup teòric de *Capra aegagrus* definit a Cafer Höyük) en el conjunt de cabres documentades al jaciment que, si bé podria ser el resultat del major percentatge de femelles, va acompanyat d'un clar augment de

l'explotació de cabres i, sobretot, del sacrifici majoritari (més del 70%) dels caprins immadurs. Així mateix, en jaciments com Çäyonü, més proper a Nevali Çori, i Asikli o Nemrik, ja més llunyans, s'argumenten també possibles casos de domesticació local o d'arribada de cabra domesticada. Shillourokambos, a l'illa de Xipre, és el cas més paradigmàtic de trasllat d'aquestes primeres poblacions de cabra. Jaciments més tardans com Halula o Abu Hureyra, lleugerament al sud de l'àrea tradicional de distribució de *Capra aegagrus* definida per Uerpmann (1987), ja presenten poblacions clarament domèstiques de cabra des de les primeres ocupacions (Saña, 1999).

D'altra banda, l'adopció de cabra domèstica a la zona del llevant sud esdevé un procés més complex degut a la distribució natural de *Capra aegagrus* i *Capra ibex nubiana* al territori. Malgrat que la primera té preferència pels penya-segats i les vessants (Martin i Edwards, 2013) i s'associa a zones de vegetació mediterrània amb més aigua (Wasse, 2001) i la segona és més pròpia de zones rocoses i climes àrids (Martin i Edwards, 2013), les àrees de distribució d'ambdues espècies es superposen en bona part de la zona. S'afegeix que és difícil establir diferències morfològiques entre *Capra* i *Ibex* si no és mitjançant les banyes (habitualment poques i mal preservades) i la seva diferència de talla situa a *Ibex* en el rang de mida de *Capra hircus*. La presència de cabres de mida petita al jaciment del PPNA de Wadi Faynan 16, interpretades com a *Capra aegagrus* potencialment gestionades (Carruthers i Dennis, 2007), és una mostra clara d'aquesta problemàtica. La revisió d'aquestes dades (Martin i Edwards, 2013) posa de manifest la més probable associació a *Capra ibex* que a *Capra aegagrus*. L'augment significatiu de la presència de cabres (i ovelles) i el seu domini en els jaciments del PPNB és el que dona lloc a escenaris diversos en funció de l'àrea geogràfica. Al temps en que les cabres de talla petita de la zona sud queden ben definides per la clara presència de *Capra ibex* i a l'est s'accepta la introducció tardana de la cabra domèstica amb la de l'ovella, el debat es centra al nord-oest del Llevant-sud, on l'augment de la representació de cabres és més significatiu. Wasse (2001) associa les cabres de talla gran d'Ain Ghazal a individus salvatges i interpreta la mida petita de les altres cabres com evidència del seu estatus domèstic i, per tant, importades. Al mateix temps, Von den Driesch i Wodtke (1997) demostren la disminució de la talla de les cabres entre el MPPNB i el LPPNB i argumenten la gestió de les poblacions locals de cabres salvatges. De manera similar, Horwitz (2003) defensa la gestió de les cabres salvatges a través dels perfils de mortaldat documentats al jaciment d'Abou Gosh (més del 70% sacrificades als 3 anys i mig) i l'elevada presència de cabra a Yiftahel en relació amb la zona on es troba.

La revisió de les dades d'Ain Ghazal de Martin i Edwards (2013) suggereix però, que la disminució de talla detectada entre el MPPNB i el LPPNB seria un canvi en la ratio de macles/femelles explotats en una estratègia de gestió de les cabres que ja inclou domesticats, doncs se n'identifica la presència a partir de la presència de banyes. El canvi significatiu de talla no es produeix fins al PPNC, acompanyat d'un patró de sacrifici focalitzat en els individus immadurs. L'explotació simultània de cabra salvatge acompanya tota la seqüència. Es tracta d'un patró que es repeteix a Basta (Becker 1998; 2004) i a Baja. Sota aquesta perspectiva, les dades disponibles semblen més favorables a la hipòtesi de Wasse (2001) sobre la introducció de la cabra ja domesticada, sense menystenir l'adopció paral·lela d'estratègies de gestió de la cabra salvatge com la proposada per Abou Gosh (Ducos i Horwitz, 2003), si bé també podria

indicar caça selectiva o iniciar-se per influència del contacte entre grups (Martin i Edwards, 2013).

Així, podem dir que les primeres evidències de domesticació de *Capra aegagrus* es documenten a la zona del llevant nord i sembla que, arqueològicament, es dibuixen a través de l'augment dels percentatges de representació de l'espècie i en un canvi progressiu en les estratègies d'aprofitament de l'espècie que es veu reflectit en els patrons de sacrifici. Els primers canvis fisiològics causats per la pressió selectiva humana es veuen reflectits en la forma de les banyes i també en la morfologia del pelatge. Al mateix temps, l'apropiació de les cabres per part dels grups humans afectarà, necessàriament, a la mobilitat natural de l'espècie. La intensificació de les estratègies d'explotació es veurà reflectida en la implementació de canvis en la dieta, la modificació del cicle reproductiu i la incorporació de pràctiques d'estabulació.

### 2.3.3. La domesticació d'*Ovis orientalis*

Les evidències disponibles sobre les primeres pràctiques de gestió de l'ovella situen aquest procés de forma dispersa entre la zona central i el sud-oest de la península anatòlica. L'aproximació multidisciplinària desenvolupada al jaciment d'Asikli Höyük (Stiner et al. 2014), presenta les evidències més clares i, possiblement les més antigues, de gestió de poblacions d'ovella encara morfològicament salvatges d'entre els diversos jaciments on s'argumenten pràctiques de gestió similars. L'estudi de les restes de fauna i dels contextos associats del jaciment permet traçar la trajectòria de les estratègies d'explotació animal desenvolupades, en especial de l'ovella a través dels nivells 4, 3 i 2. La datació de la part superior del nivell 4, on es documenten aquestes pràctiques inicials de gestió, el situa de forma més o menys precisa entre el 8400 i el 8100 cal BC. Les datacions no estan del tot lliures de controvèrsia (material carbonitzat i desviacions elevades), però permet situar les evidències en algun moment previ al 8100 i no anterior al 9010±200 cal BC, que correspon a la fi del nivell previ. En tot cas, l'estudi de les restes arqueozoològiques del nivell 4 d'Asikli Höyük indiquen percentatges de representació per als caprins propers al 50% de la mostra estudiada. D'aquests, la majoria són ovelles (s'indica una ràtio de 3 a 1 o superior en contra de les cabres durant tota la seqüència, sense dades més concretes). L'estadi de fusió de falanges i tíbies indica que l'explotació ovina a l'assentament presenta entre el 40 i el 50% dels individus sacrificats abans d'arribar a l'edat adulta. En relació a l'edat de sacrifici de les ovelles destaca, a més, la presència clara d'individus fetals, que representen una tercera part del sacrifici de nounats. Es tracta d'un patró únic en el jaciment, doncs la resta de taxons identificats al jaciment (èquids, bòvids, suïds i cèrvids) presenten un número molt més reduït d'individus nounats, sense evidències d'exemplars fetals.

Resulta igualment interessant que, en incorporar totes les categories d'edat, el patró de sacrifici de l'espècie no presenta diferències significatives amb els que es contemplen en jaciments del PPN com Göbekli Tepe, Cafer Höyük, Tell Aswad i Tell Halula, on s'argumenten estratègies de gestió d'ovelles plenament domèstiques. Es documenta, a més, un sacrifici prioritari dels mascles de menys de 6-7 mesos (58% del total de mascles davant de només l'11% de femelles) i una esperança de vida general que només ocasionalment supera el rang dels 2-4 anys d'edat, en concordança amb una estratègia d'explotació encarada a la producció de carn. S'afegeix a

les evidències la presència d'excrements en les àrees de rebuig i espais oberts que s'han pogut associar de forma preferent a pasturadors (ovelles i bous).

De forma paral·lela, a Nevali Çori es planteja una gestió primerenca de les ovelles a principis de l'EPPNB (c.8600-8300 cal BC). La hipòtesi argumenta que les ovelles documentades a Nevali Çori són de mida més petita que les documentades al jaciment proper de Göbekli Tepe. Si bé les petites diferències en la composició de la mostra estudiada en relació al sexe dels individus que la componen pot influir en la baixada del valor de la mitjana a Nevali Çori, destaquen que els valors inferiors són notablement més petits que els valors més baixos documentats als nivells del PPNA de Göbekli Tepe o del PPNB de Cafer Höyük.

Les evidències genètiques disponibles dibuixen una situació complexa per a la domesticació de l'ovella i no s'ha pogut definir, des d'aquesta perspectiva, àrees concretes de domesticació, malgrat que tot sembla apuntar cap a l'oest del Llevant nord. Des de les primeres dades que apuntaven a dos (Hiendleder 2002) o tres (Pedrosa et al. 2005) llinatges diferents, les publicacions més recents al respecte suggereixen fins a 5 llinatges matrilineals (Meadows et al. 2007) involucrats en el procés de domesticació de l'ovella.

#### 2.3.4. La domesticació de *Sus scrofa*

Documentar com i quan el porc senglar es va domesticar es una qüestió complexa. A diferència d'ovelles i cabres, el seu hàbitat natural ocupa bona part del continent eurasiàtic (Flink i Larson 2013) i, a més, presenta una variabilitat considerable en el seu estat salvatge (Albarella et al. 2009). Així, la identificació de poblacions domèstiques de porc a partir de les dades biomètriques, fins i tot en moments en què l'existència d'espècimens domèstics ja està més que confirmada, resulta tot sovint difícil d'aplicar de forma fiable. S'escapen en certa manera d'aquest plantejament algunes dents (les segones i terceres molars), que per la seva menor plasticitat permeten separar les poblacions de forma més fidedigna (Flink i Larson 2013). S'afegeix a aquest factor les relativament recents aplicacions de morfometria geomètrica (Allowen, 2013) que han aprofundit en la identificació de diferents poblacions de suïds a partir de la forma d'aquestes molars, tot posant de manifest la complexitat inherent a la domesticació de *Sus scrofa*. La consolidació dels arguments a favor de la presència de porc domèstic depenen en bona mesura de les dades que aporten la composició del ramat en relació a la seva edat de sacrifici i la proporció de mascles i femelles (Rowley-Conway i Dobney 2007).

Les primeres evidències de gestió dels porcs senglars s'han proposat per al jaciment de Hallan Çemi a principis del tretzè mil·lenni cal BP (Redding 2005) fonamentada en la variabilitat de les talles presents al jaciment, el sacrifici de poc més del 40% dels individus abans de l'any d'edat i gairebé el triple de mascles sacrificats que de femelles. Les crítiques rebudes (Peters et al. 1999; Ervinck et al. 2001) posen en dubte la interpretació defensada.

Malgrat això, la introducció de porc senglar a l'illa de Xipre, que s'ha pogut data de l'11.400 cal BP, evidencia l'estreta relació entre els grups humans i els porcs senglars. Si bé aquests espècimens introduïts són clarament salvatges, Vigne (2013) argumenta que la manifestació

d'aquest grau de control podria ser una mostra d'una fase inicial del procés de domesticació. Capturar senglars, mantenir-los i transportar-los a l'illa no és una tasca senzilla, i requereix un coneixement profund de l'espècie. Sigui com sigui, les dades de Xipre marquen una fita en les evidències continentals, que per ara, no van més enrere del cas documentat a Nevali Çori, al voltant del 10500 cal BP (Peters et al 2005). L'estudi de les restes arqueològiques d'aquest jaciment ha permès identificar un descens ràpid de la talla dels suïds explotats al jaciment, que s'ha interpretat com el resultat de pràctiques de control i reproducció sobre el ramat del jaciment. Aquestes dades situen les primeres evidències de gestió dels porcs en cronologies molt similars a les d'ovelles i cabres, si bé el ple desenvolupament d'aquestes pràctiques, documentat ja a jaciments com Hayaz Tepe, Tell Halula o Gürcütepe (Peters et al 199) seria més tardà que el dels caprins.

Pel que fa als estudis genètics del porc, les evidències mostren la completa substitució dels gens propis dels senglars del Sud-oest asiàtic de forma recent en favor dels europeus, a més de la consolidació d'una certa variabilitat geogràfica. Les anàlisis d'ADN antic topen amb els problemes de conservació inherents als climes càlids i àrees de baixa altitud (Binladen et al. 2006). Els intents d'extraure seqüències genètiques de mostres del sud-oest asiàtic han mostrat evidents dificultats i la informació que ens aporta l'ADN antic prové, sobretot, de restes de jaciments europeus. Tot i això, els resultats obtinguts (Larson et al 2007) permeten aïllar les primeres poblacions de porcs domèstics a Europa dels seus antecedents salvatges locals. Així, es pot traçar l'origen dels primers ramats de porcs domèstics europeus a l'àrea del sud-oest asiàtic, amb qui comparteixen l'arrel genètica.

La hibridació dels espècimens domèstics amb salvatges, sigui casual o dirigida i la feralització d'alguns individus (i una conseqüent possible proliferació i reincorporació al ramat o a la cadena d'hibridació) semblen prendre un paper relativament important en el procés de domesticació del porc.

#### 2.4. Espai i temps dels processos de domesticació: adopció i difusió

La identificació dels processos de domesticació i, amb això, l'adopció i difusió de les pràctiques ramaderes, ha mantingut un lligam molt estret amb els intents per discernir els primers canvis provocats per les pressions selectives (canvis de talla, morfologia òssia, marcadors genètics, etc) directes o indirectes dels humans. Aquests plantejaments, si bé no són exactament incorrectes, tampoc són del tot correctes en el sentit en què s'emmarquen en la recerca d'un animal domèstic ideal objectiu de la domesticació. Evidentment, la recerca desenvolupada i les hipòtesis plantejades no exposen una visió tant limitada, per bé que es parteix de la idea de la domesticació com un procés o processos, però sí que s'ha tendit a deixar enrere una mena de terra de ningú entre els espècimens salvatges i l'aparició dels primers canvis biològics, just allà on les primeres dinàmiques d'apropiació dels animals i, en conseqüència la domesticació o la intensificació de les relacions entre humans i animals si ho preferim, s'inicien.

La incorporació, ja no tant recent, de l'estudi dels perfils de sacrifici (Vigne i Helmer, 2007) i de la composició dels ramats permet redirigir el focus d'atenció de l'estatus biològic de l'animal

a les pràctiques socials de les quals forma part. Així, més enllà de la construcció dels perfils demogràfics ideals d'exploració d'un o altre producte secundari, aquestes tècniques permeten posar de manifest canvis en la gestió dels recursos que podrien evidenciar l'apropiació dels recursos naturals per part de grups humans concrets. Malgrat això, la necessària presència de les espècies salvatges a la zona de la seva domesticació, i la persistència de les pràctiques cinegètiques sobre aquestes i altres espècies, interfereixen tot sovint en la solidesa de les proves argumentals a favor de la incorporació de pràctiques de gestió i manteniment.

La documentació i estudi de diversos jaciments de l'illa de Xipre han permès, però, establir una fita en les dinàmiques d'apropiació i de control dels recursos animals. L'element clau de la domesticació a Xipre rau en que cap de les principals espècies domèstiques estava present a l'illa en la seva forma salvatge abans de la seva introducció. Les primeres evidències d'alguna d'aquestes espècies són unes restes òssies identificades com *Sus scrofa* al jaciment d'Aetokremnos, datades directament amb una cronologia relativament àmplia que va del 11956 al 11272 cal BP. En comparar-les amb referencials salvatges de l'EPPNB i el MPPNB del llevant i referencials domèstics de la vall alta de l'Èufrates i Palestina, eren més petites que els primers i de la mateixa mida que els segons. En cronologies més tardanes, associats al PPNA, els conjunts arqueozoològics dels jaciments de Asprokremnos i Klimonas estan compostos gairebé exclusivament per suïds amb característiques similars a les de Aetokremnos. La hipòtesi proposada per a aquest introducció primerenca de *Sus scrofa* a l'illa de Xipre planteja que a partir de la seva introducció *Sus scrofa* ocuparia ràpidament el nínxol ecològic del recentment extingit hipopòtam nan mentre la seva talla es reduiria com a causa de la insularitat i seria objecte d'una caça controlada durant els següents mil·lennis. Els requeriments tècnics i coneixements necessaris per posar en marxa i controlar la migració i introducció d'un grup funcional d'una espècie, porc senglar en aquest cas, permeten a Vigne (2013) considerar aquests esdeveniments com un estadi inicial del procés de domesticació, el que ell anomena "control en la natura".

També a Xipre, poc més enllà de mitjans de l'onzè mil·lenni, al jaciments de Shillourokambos (c.10343-10297 cal BP) es documenta durant la seva fase més antiga una presència reduïda de *Capra sp.* i de *Bos domesticus* que acompanyen una majoria de restes de suïd. Poc després (9959-9833 cal BP) es detecta la introducció d'ovella domèstica i possiblement d'una nova varietat de porc ja domèstic. De manera similar, a Mylouthkia (10696-10253 cal BP) es documenten també restes de porc i cabra. Cal destacar que les cabres documentades a Shillourokambos són morfològicament salvatges, però són més petites que les cabres salvatges continentals documentades als jaciments de Cafer Höyük, Aswad i Tell Halula. En tot cas, s'introdueixen al medi de l'illa com presa de caça i no per a la seva explotació ramadera, que s'iniciaria en dates posteriors per obtenir-ne llet. Així mateix, la introducció de les ovelles va lligada de la seva explotació intensiva per llet i carn, si bé l'aparició o introducció d'una varietat de major mida a mitjans del desè mil·lenni n'encara l'explotació a la carn. Les últimes fases del jaciment documenten un patró típic de preponderància de l'explotació dels caprins, amb les ovelles explotades per la llet i les cabres per carn.

Xipre constitueix un escenari que exemplifica amb claredat la complexitat de les dinàmiques que componen el procés de domesticació i, sobretot, trenca amb la linealitat de les pràctiques



d'apropiació i dóna una línia de fonament per a les propostes més antigues de pràctiques de gestió dels animals, necessàries per entendre l'origen continental de les espècies introduïdes a l'illa.

Fins ara, les evidències més antigues d'apropiació de ramats es concentren a la zona del Creixent Fèrtil, especialment al sud-est de la península anatòlica. Aquesta àrea no és, en tot cas, un focus únic. A mesura que la recerca avança, es documenten noves evidències que reforcen les hipòtesis d'una multiplicitat d'estratègies d'apropiació relativament disperses pel Creixent Fèrtil que busquen adaptar-se a les necessitats específiques de cada grup humà en funció de la seva caracterització interna (preferències i tabús) i dels condicionants del medi. Nevali Çori és possiblement un dels jaciments que concentra el major número d'evidències de gestió local de ramats salvatges. S'hi proposa la gestió de *Sus scrofa*, *Ovis orientalis* i *Capra aegagrus* ja cap al 10500 cal BP. En cronologies similars però, també es proposa la gestió del mufló a Asikli Höyük, que amplia el focus fins a l'Anatòlia central. Ganj Dareh amplia també el focus de domesticació de la cabra cap a l'actual Iran.

## 2.5. Estudi de la domesticació animal i ramaderia inicial: aspectes metodològics i tècnics

Des de l'arqueozoologia es venen desenvolupant línies de treball específiques orientades a l'estudi de la domesticació i practiques ramaderes inicials. Pel que fa a l'estudi de la domesticació, la recerca s'ha centrat sobretot en contrastar quins criteris diagnòstics es poden aplicar amb l'objectiu de diferenciar entre la forma domestica i la salvatge a partir de les restes de fauna. Les pressions selectives a que estan sotmesos els animals durant el procés de domesticació son les responsables d'aquestes diferències, que es manifesten a diferents nivells en l'organisme animal. Aquestes pressions actuen durant el procés d'adaptació de les espècies salvatges al nou medi antropitzat i poden ser tant d'indole natural com social. Aquestes darreres van encaminades sobretot a augmentar la seva eficiència en la producció.

### *2.5.1. Efectes de la domesticació sobre els animals*

Com que la domesticació implica un canvi, s'espera que el fenotip de l'animal domesticat difereixi del fenotip dels seus homòlegs salvatges. El fenotip domèstic fa referència a aquell quadre de trets fenotípics que facilita l'adaptació dels animals en captivitat al seu entorn (Price 1999). Alguns dels canvis son significativament ràpids. Ha estat possible documentar a partir de treballs experimentals que en algunes espècies després de 15-20 generacions es van començar a produir canvis morfològics significatius com a subproducte de la selecció (Trut, 1999). La rapidesa dels canvis es veu afavorida per la mida reduïda de la població en captivitat (només alguns exemplars seleccionats de la població salvatge) i l'efecte ràpid que poden tenir les noves pressions selectives en ambient captiu, al ser substancialment diferents de les que hi ha en estat salvatge. De totes maneres, es difícil posar un punt i final i identificar quan un animal ha assolit ja el fenotip domèstic. L'adaptació forma part d'un continu i, des d'un punt de vista

biològic, es considera que el procés s'ha completat quan la forma física de la població ha arribat a un estat estacionari (Price, 1999).

Les modificacions afecten al comportament, fisiologia, morfologia i genètica. Una de les més destacades es la reducció de la mida de l'encèfal, produint-se canvis paral·lels en la morfologia del crani. Les àrees de l'encèfal que mostren les diferències més acusades són les relacionades amb l'agressió, el comportament alimentari i la reproducció (Diamond, 2002; Marchetti i Nevitt, 2003). Pel crani es documenta en general una reducció de la regió facial. Moltes de les àrees del crani que es veuen afectades en animals en captivitat estan relacionades amb l'aparell nutricional, com a resultat probablement de les noves propietats mecàniques de les dietes en captivitat. Varis estudis han demostrat que hi ha una relació entre les propietats mecàniques dels aliments i la variació oclusal i morfològica. L'alimentació natural sol contenir partícules abrasives. La manca d'abrasió en dietes en captivitat, es pot traduir en problemes de maloclusió en espècies herbívores. També s'han registrat patologies dentals en animals en captivitat. Van des dels causats per un trauma fins a defectes del desenvolupament com la hipoplàsia de l'esmalt dental. Altres elements del crani que pateixen modificacions són les cornamentes.

Per l'esquelet postcranial destaca el canvi general de talla. Aquest pot ser molt variable. La mida ha augmentat conscientment en espècies petites, per tal d'incrementar la quantitat de carn, però s'ha reduït en espècies de talla gran per facilitar-ne la manipulació. S'observen dinàmiques diferencials entre mascles i femelles, en relació a les funcions també diferents que adquireixen al ser criades en ramaderia. L'amplitud del dimorfisme sexual, fonamental en moltes estratègies reproductives, es veu afectada en els ramats que viuen en captivitat i difereix de la registrada per algunes de les poblacions homòlogues salvatges. Es documenta de manera concreta la disminució del dimorfisme sexual en diverses espècies de mamífers. També són corrents els canvis en el color de la capa, detectables a partir de la paleogenòmica. Com a resultat de la relaxació de la selecció natural, la proporció de color blanc ha augmentat en les poblacions domèstiques (Gross, 1998). Tots les races d'animals domesticades mostren despigmentació, sovint com taques blanques o marrons, més o menys irregulars. Els canvis de pigmentació representen un dels primers trets que va aparèixer durant la domesticació. Es conegut que 125 gens afecten d'alguna manera la pigmentació.

A més dels canvis físics, s'observen també canvis en molts trets de comportament. La majoria de les espècies domesticades mostren una plasticitat conductual que els permet adaptar-se a les restriccions de la captivitat i a un ampli ventall d'ambients. La modificació més ben documentada en animals domèstics és la reducció de la seva sensibilitat als canvis en el seu entorn. La reactivitat emocional reduïda facilita la seva gestió i l'adaptació a diversos entorns físics i socials imposats en captivitat (Price, 1999). Les estratègies de comportament importants per a la supervivència i la reproducció a la natura perden part de la seva importància adaptativa en captivitat, com ara la cerca d'aliments i de refugi i la defensa contra els depredadors (Price, 1998). L'absència de determinats estímuls "clau" en l'entorn físic dels animals en captivitat pot donar lloc a una fallada en l'expressió de certs patrons de comportament. Es dona en general una pèrdua en la freqüència i la intensitat de les conductes agressives (Price, 1999).

La majoria d'espècies domesticades són animals naturalment socials que viuen en grups grans i molt organitzats, amb una jerarquia social estable. Si bé aquestes característiques han afavorit la domesticació, resulta que la domesticació interfereix a la vegada en les relacions socials, ja que els humans controlen tant la reproducció com la producció. Les interaccions socials es redueixen en captivitat. Per als animals domesticats, l'estructura del grup social sol incloure només animals del mateix sexe o edat. Les conductes juvenils fins a l'edat adulta també han estat citades com a efecte de la domesticació. Aquest procés ha estat anomenat neotènia. En moltes espècies domesticades, certes característiques anatòmiques juvenils es mantenen a l'edat adulta.

Totes aquestes modificacions o canvis tenen els seus correlats genètics. Des del punt de vista genètic, la domesticació es pot definir com el procés pel qual una població d'animals s'adapta a l'ambient antròpic i al medi en captivitat mitjançant canvis genètics que es produeixen al llarg de generacions (Preu, 1984). La relaxació de la selecció natural i la selecció natural en captivitat són parcialment controlades pels humans, mitjançant la determinació de les condicions ambientals. La selecció artificial i la selecció natural en captivitat modifiquen els trets en una direcció determinada i previsible. En l'evolució dels animals durant la seva domesticació intervenen principalment tres processos genètics: la consanguinitat, la deriva genètica i la selecció (Ollivier, 1981). Mentre que la consanguinitat i la deriva genètica produeixen canvis aleatoris en les freqüències gèniques, els canvis resultants de la selecció són direccionals (Price, 1999).

El ritme en què es produeix l'adaptació genètica a la captivitat en una població depèn tant de la diversitat genètica de la població com del diferencial de selecció (Falconer i Mackay 1996). L'adaptació a la captivitat es produirà més ràpidament quan hi hagi una gran variació genètica i hi hagi una selecció intensa (Gilligan i Frankham, 2003). En estudis experimentals, s'han detectat respostes a la selecció artificial després de només 3 o 4 generacions (Arnold, 1995).

El procés de domesticació es realitza quan el conjunt de gens està alterat suficientment i quan s'apliquen consistentment entorns i tècniques de gestió específiques al llarg de generacions per produir un fenotip que fomenti l'adaptació al medi captiu i la intervenció humana (Price, 1999). La domesticació probablement encara es produeix i les poblacions d'animals domèstics continuen evolucionant. Aquests canvis condueixen als animals a adaptar-se millor a la seva vida en captivitat i a la presència dels humans. Especialment durant els darrers segles, s'ha realitzat una selecció activa en alguns trets de producció específics.

El conjunt de trets coneguts com "síndrome de domesticació" contemplen com a canvis principals:

- Augment de la docilitat.
- Canvis en el color de la capa.
- Reducció de la mida de les dents.
- Canvis en la forma de la cara, inclosos musells més curts i mandíbules més petites.

- Cues ondulades i les orelles caigudes.
- Períodes de cel més freqüents.
- Retenció de trets juvenils fins edat adulta.
- Reducció de la mida i complexitat cerebral.
- Reducció de la talla.

El nombre reduït d'espècies domesticades possiblement es pot explicar per les característiques requerides per a la domesticació. Entre les més anomenades hi ha la dieta, la reproducció, les relacions socials i el comportament envers els grups humans (Diamond, 1999). De manera més concreta les espècies domèstiques són gregàries, tenen règims d'alimentació variables i amb cries precoces (Jensen, 2002).

Les persones que van iniciar el procés de domesticació es van centrar probablement en reduir les respostes agressives. Aquesta reducció està relacionada amb un canvi fisiològic, afectant les glàndules suprarenals. Aquestes glàndules tenen un paper central en les respostes dels animals a la por i a l'estrès. La resta d'aspectes poden no ser conscients.

Les explicacions proposades per aquest conjunt de canvis són diverses. De manera general contemplen: condicions de vida menys dures, dietes millorades, nivells d'estrès reduïts, hibridació d'espècies, cria selectiva, canvis en la glàndula tiroide i canvis en les cèl·lules de la cresta neural. Wilkins et al. (2014) han proposat que tots aquests trets tenen alguna cosa en comú: estan lligats a cèl·lules de cresta neural (NCCs). Els NCC són una classe de cèl·lules mare que controlen el desenvolupament de teixits adjacents al sistema nerviós central (al llarg de la columna vertebral) durant l'etapa embrionària, incloent la forma de la cara, la rigidesa de l'orella i la mida i la complexitat de l'encèfal.

Són reversibles aquests canvis? El més acceptat és que els canvis genètics resultats de la domesticació no es reverteixen en la seva totalitat en animals ferals. La feralització és en si mateixa un procés evolutiu amb les seves pròpies característiques. El procés de feralització s'aconsegueix rarament en una sola generació (Price, 1999). La taxa de feralització dependrà dels processos ontogenètics implicats i de la separació total de la població de la influència humana.

### 2.5.2. *Efectes de la ramaderia*

La domesticació és el primer pas de selecció i s'inicia quan s'aïlla una part de la població, fins ara en estat natural, seleccionat amb això els reproductors. Es té cura d'aquests animals, protegint-los en front als predadors i alimentant-los. Les pressions selectives en condicions de cria poden ser molt variables. Els animals domèstics poden estar en un entorn físicament similar a l'hàbitat natural, facilitat l'adaptació, però també aquest entorn pot ser substancial diferent. La intensitat de la selecció natural de poblacions en captivitat depèn de les característiques

d'aquest entorn captiu i del nombre de generacions en captivitat. En general, la selecció natural en captivitat és més intensa durant les primeres generacions.

En captivitat, sovint es proporciona menjar i aigua als animals en un mateix lloc i en quantitats suficients. El temps i l'energia que dediquen aquets animals a l'alimentació es redueixen molt respecte a les poblacions salvatges (Newberry, 1995). Les dietes en captivitat riques, nutritives i fàcilment digeribles poden tenir un efecte significatiu en la morfologia intestinal i la fisiologia. Molts dels primers problemes de la cria d'animals en captivitat estaven relacionats probablement amb una dieta pobra, que podia tenir com efecte taxes de mortalitat elevades.

La ramaderia ha facilitat una millora de l'eficiència reproductiva. La majoria dels animals domesticats són més precoços que els seus homòlegs salvatges, documentant-se també un augmenta la fecunditat. L'època de cria de moltes espècies s'ha estès i algunes inhibicions psicosocials a la cria s'han atenuat, possiblement a causa de condicions en captivitat més favorables a la supervivència i a la reproducció (Price, 1999). La selecció cap a una maduresa sexual precoç, abans que es desenvolupi plenament el potencial agressiu de l'animal, és possible mitjançant sistemes d'aparellament i gestió que eliminen la competència reproductiva. La pèrdua d'estacionalitat i la muda és també característica dels animals domesticats (Belyaev, 1979), ja que els humans asseguren la supervivència dels més petits, fins i tot en una època de naixement desfavorable.

El fracàs reproductiu en poblacions captives inicials pot derivar de l'estrès fisiològic o psicològic causat per factors sensorials, la privació locomotora (Hediger, 1964), deficiències dietètiques i el parasitisme (Hughes i Sokolowski, 1996).

Els animals en captivitat poden estar aïllats amb l'objectiu d'impedir la reproducció, però també per raons econòmiques o per evitar la propagació de malalties infeccioses. El descens en l'activitat física o de mobilitat i el confinament pot provocar estrès i deteriorament de la salut, a vegades degut a les males condicions higièniques (Sutton, 1884). Els nivells d'activitat tenen un gran efecte sobre els animals en captivitat, des de la patologia fins a l'increment de la quantitat de greixos subcutanis dipositats.

### *2.5.3. Procediments analítics per l'estudi dels canvis produïts per la domesticació i ramaderia inicial*

Son diversos els criteris implementats en la recerca arqueozoològica amb l'objectiu de diferenciar entre la forma salvatge i la domestica. La majoria d'aquests procediments presenten però la mateixa limitació: la impossibilitat d'efectuar aquesta separació en els moments inicials de la cria en captivitat, quan la població animal no ha adquirit encara els trets característics del fenotip domèstic. En aquesta situació, únicament es podrà contrastar el canvi a partir dels criteris que tenen en compte les noves modalitats de gestió i explotació dels animals. La principal dificultat per a l'estudi de les implicacions econòmiques, socials i dietètiques de la producció i consum de productes carnis i lactics és que aquests no tenen manifestació arqueològica directa. Si bé l'inici de l'explotació dels animals domèstics amb aquesta finalitat

constitueix un fet històric transcendent, amb repercussions que es manifesten encara en l'actualitat, la seva condició de matèria orgànica imposa importants limitacions al seu coneixement.

Es presenta a continuació la relació de criteris més correntment utilitzats en l'estudi d'aquesta problemàtica històrica. És important remarcar el fet de que no hi ha cap criteri que tingui validesa absoluta per si mateix. És la combinació i integració de les dades arqueològiques el que farà possible generar nou coneixement sobre aquests processos.

#### 2.5.3.1 Biometria

La biometria fa referència a la mesura de les dimensions dels teixits durs i al càlcul d'índexs simples. Permet la identificació d'espècies, la determinació del sexe, estimació de l'edat i, a un nivell més general, valoració de l'estadi evolutiu dels animals o espècies (Orton, 2014). Les mesures directes dels principals diàmetres dels ossos permeten reconstituir la mida i la robustesa dels animals. Hi ha una bona relació entre aquests diàmetres i l'estatura dels animals vius, sobretot en ossos com la tibia, fèmur, metàpodes, húmer i radi (Desse i Chaix, 1994). El principi general del mètode es basa en el càlcul de la línia de regressió entre les mides individuals proporcionades per una mostra de la població d'animals vius i les mesures obtingudes sobre diferents ossos esquelètics dels animals d'aquesta mateixa població. Reconstituir la mida permet realitzar la descripció de l'espècie, contextualitzar l'animal en la seva història i entorn evolutiu i examinar els canvis de talla al llarg del temps.

Evidenciar la presència de formes domèstiques és factible a partir de l'anàlisi comparativa de les mesures. És necessari, però, tenir un referencial d'animals salvatges per apreciar la disminució de la talla (Helmer, 2006). Tenint en compte que la talla dels animals es veu afectada també per altres factors tals com el clima i la temperatura (Davis, 1981), es fa imprescindible també conèixer la variabilitat en la mida de les espècies salvatges segons latitud i altitud. Pel que fa a la gestió animal, és important considerar que dins de la mateixa espècie domèstica hi ha una gran diversitat fenotípica resultant de processos adaptatius relacionats amb determinades condicions de vida o de la selecció humana durant. Aquesta diversitat era més elevada probablement en el passat, abans del sorgiment de la industrialització i de les pràctiques zootècniques (Vuillien et al. 2017).

#### 2.5.3.2 Morfometria geomètrica

La morfometria geomètrica és una tècnica analítica cada cop més utilitzada en l'arqueozoologia per distingir espècies estretament relacionades a partir de l'estudi de la conformació dels elements esquelètics. Permet estudiar les variacions anatòmiques existents entre diferents tàxons mitjançant la recopilació i l'anàlisi de dades sobre la forma de les dents i els ossos. Permet també estudiar l'impacte de la domesticació en l'evolució de l'esquelet de determinats tàxons en comparació amb la morfologia original dels seus avantpassats salvatges (Evin et al. 2015).

La conformació geomètrica d'un objecte correspon a la forma d'aquest objecte independentment de la seva mida. Es pot descriure mitjançant corbes de contorn i superfícies. Les dades es recullen en dues o tres dimensions. L'anàlisi d'un objecte en 3D permet obtenir informació essencial per estudiar la morfologia dels ossos. És possible controlar paràmetres com ara volum, relleu, densitat, mida, paràmetres importants per estudiar la morfologia anatòmica a escala inter i intraindividual (Vuillien et al. 2017).

#### 2.5.3.3 Morfologia òssia

Els marcadors morfològics de la domesticació animal es poden classificar en dues categories generals (Zeder, 2006): els que reflecteixen la deriva genètica (respostes selectives a la domesticació que passen d'una generació a l'altra) i els que representen respostes plàstiques d'animals individuals (de naturalesa més episòdica). Els canvis morfològics en condicions de domesticació segueixen sovint pautes regulars. Aquestes són resultat de la combinació de la genètica i dels trets lligats al desenvolupament. Les pautes regulars es manifesten mitjançant la correlació entre els canvis morfològics i de les dimensions.

El seu estudi es basa en l'anatomia comparada, contrastant morfològicament les diferències en un mateix element d'una mateixa espècie. Degut a l'escurçament generalitzat del crani en els animals domèstics, els ossos de la cara poden ser diagnòstics (Helmer, 1992). La col·locació i mida de les dents també varia. Altres marcadors morfològics utilitzats són els canvis en la mida i la forma de les banyes en els rumugants. Una vegada que els humans controlen l'aparellament, aquest òrgan perd part de la seva funció en la natura.

#### 2.5.3.4 Anàlisis genètiques

En l'actualitat les anàlisis paleogenètiques comencen a integrar-se de forma cada vegada més sistemàtica en l'estudi d'aquesta problemàtica històrica (Larson et al. 2012). La novetat més important és l'aplicació de *next-generation sequencing technology*, que possibilita incidir en certs caràcters i funcions de base que han contribuït a l'origen i dinàmica evolutiva de les principals espècies domèstiques productores d'aliment. Els nous mètodes genòmics augmenten significativament les possibilitats d'inferència sobre els mecanismes genètics adaptatius implicats en les fases inicials de la ramaderia, relacionats principalment amb el comportament, creixement, reproducció i producció animal. La identificació i aïllament dels gens sotmesos a selecció permeten albirar els gens que han tingut un paper clau la producció animal durant la prehistòria. Els treballs realitzats fins al moment han demostrat la seva elevada utilitat per incidir en els criteris de selecció implementats en la cria d'animals (color, produccions, resistència física, ...). La importància de treballar amb aquests marcadors resideix que permeten evidenciar característiques dels animals que van poder ser motiu de selecció i que no tenen visibilitat arqueològica directa.

La genètica molecular s'utilitza per investigar fins a quin punt han canviat les freqüències genètiques entre animals salvatges i animals domèstics. La identificació dels trets quantitius

(QTL) implicats amb la capacitat d'adaptació permet investigar fonts de variabilitat genètica. Els estudis filogenètics permeten definir els grups de població sota estudi proporcionant informació sobre l'evolució de les poblacions, sobre moviments poblacionals o importació d'animals. Per a aquest tipus d'estudis, normalment s'analitza la part de l'ADN mitocondrial denominada d-loop. Aquesta regió destaca per la seva elevada taxa de mutació i per ser molt variable entre les poblacions, podent diferenciar entre haplotips d'una mateixa espècie. També es pot analitzar la distància genètica dels microsatèl·lits per determinar les característiques dels diferents haplotips, ja que aquests tenen una alta taxa de mutació que els fa molt polimòrfics.

#### 2.5.3.5 Estructura demogràfica dels ramats: edat i sexe

Els conjunts d'ossos que són el resultat de la caça d'animals salvatges generalment inclouen els individus més febles d'un ramat, ja que els animals més joves, més vells o malalts són els que es poden matar més fàcilment en una situació de caça. En situacions domèstiques, en canvi, els animals són més propensos a sobreviure fins a la maduresa, de manera que és possible que estiguin relativament més representats. El perfil de mortalitat d'una població animal també pot revelar patrons de matança. Una de les estratègies utilitzades en ramaderia és mantenir les femelles fins la maduresa, de manera que es puguin explotar econòmicament per la reproducció i altres produccions que poden fornir durant la vida. De mascles es guarden només aquells indispensables per la reproducció i els explotats com a mitjà de treball.

En base a aquestes premisses, el mètode tradicionalment més utilitzat en Arqueozoologia per inferir la producció animal és l'estudi dels patrons demogràfics (composició per sexes i edats) de les poblacions animals representades en el registre arqueològic. Aquest mètode s'origina en els treballs de Payne (1972) basats en la investigació etnoarqueològica de societats pastorals dedicades a la cria d'animals domèstics. A partir de l'examen de les correlacions entre les estratègies d'explotació animal i el perfil demogràfic de la població que es destina al consum, Payne va publicar diversos models teòrics que permetien diferenciar entre les estratègies orientades a la producció càrnia de les orientades a la producció làctia. A la primera, i amb l'objectiu d'optimitzar la producció, els animals sacrificats són principalment mascles juvenils, entre 6-18 mesos d'edat, just al final de la seva etapa de creixement. En canvi, si el producte desitjat és la llet, la majoria d'animals es sacrifiquen abans dels dos mesos d'edat per així reduir el nombre d'exemplars lactants i disposar d'una quantitat més elevada de producte. Si bé són models d'aplicació generalitzada, són diverses les limitacions que presenten. Entre les crítiques més freqüents destaca que l'estimació de l'edat dels animals a partir de les restes de fauna és una operació complexa i no té en l'actualitat de suficients referencials i d'estandardització (Vigne 2008). Els criteris d'optimització econòmica actuals no són tampoc directament transferibles a les societats prehistòriques, amb l'agreujant que estratègies de producció diferents poden donar com a resultat perfils demogràfics similars.



### 2.5.3.6 Isòtops estables

L'anàlisi bioquímica de les restes de fauna té avantatges metodològiques i tècniques sobre els procediments seguits per la Arqueozoologia més tradicional. Així, destaca la possibilitat d'incidir en la dinàmica de vida de la població animal a partir de la caracterització de les estratègies de reproducció, alimentació i mobilitat a què es veuen sotmeses les poblacions domèstiques.

Tant la domesticació com la cria en captivitat generen canvis en les dinàmiques naturals de les poblacions animals. Els canvis poden afectar tot el cicle reproductiu, des del aparellament fins a l'assoliment de la maduresa sexual. Mentre que en poblacions salvatges l'estacionalitat de naixement està fortament relacionada amb les variacions ambientals (amb naixements concentrats normalment a la primavera), en poblacions domèstiques aquesta dinàmica natural pot haver estat modificada amb l'objectiu d'adaptar la producció animal a les necessitats de cada comunitat. La tècnica més adequada per a determinar l'estació de naixement a partir de restes de fauna arqueològiques és el recompte de isòtops d'oxigen, utilitzant el mostreig seqüencial en restes dentaries. Es parteix en aquest cas del principi que la composició isotòpica  $\delta^{18}\text{O}$  en els mamífers es troba directament relacionada amb la temperatura ambiental, permetent aquesta correlació fixar per a cada individu analitzat l'estació de naixement.

La modificació artificial dels ritmes reproductius en els primers ramats d'animals domèstics implica al mateix temps un estret control sobre la disponibilitat d'aliment, amb la potencial implementació d'estratègies mòbils dels ramats o l'aportació d'aliment extraordinari en determines estacions de l'any. En determinades condicions, la combinació del mesurament dels isòtops d'oxigen amb els d'estrónci permet inferir, també, en les pautes de mobilitat dels ramats (desplaçaments altitudinals estacionals) (Bocherens et al. 2001).

L'estudi de l'alimentació a partir de les anàlisis d'isòtops estables ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) permet establir les interaccions entre la gestió animal, disponibilitat natural d'aliments i cicles agrícola-ramaders (pastures, farratge), avaluant a partir d'aquesta correlació la pràctica o no d'estratègies artificials o complementàries a les naturals en el subministrament d'aliments (Navarrete et al. 2017). Si bé poden avaluar-se a partir d'aquesta aproximació les variacions estacionals en la ingesta d'aliments, una de les limitacions que presenta és que els valors obtinguts no permeten una caracterització molt precisa del tipus d'aliments ingerits ni el càlcul de la seva importància relativa. Les anàlisis isotòpics dels aminoàcids poden ajudar a completar aquest aspecte (Naito et al. 2016). Les diferències en l'enriquiment intertrófic del  $\delta^{15}\text{N}$  s'adscriuen a diferències en el metabolisme dels aminoàcids. La mesura dels isòtops en aminoàcids individuals permet distingir entre proteïna marina, vegetal i animal, al mateix temps que permet caracteritzar el tipus i quantitat de recurs consumit. D'aquesta manera, la integració i desenvolupament de l'anàlisi d'aminoàcids en restes faunístiques pot contribuir a millorar i ampliar les informacions relatives a l'alimentació dels ramats d'animals domèstics al mateix temps que els efectes de la diagènesi i activitat microbacteriana en mostres arqueològiques.

### 2.5.3.7 Biomecànica i estructura òssia

L'anàlisi del teixit dur (os i dent) es pot realitzar a varis nivells, des del nivell macroscòpic fins al molecular. L'anàlisi histològica consisteix en l'estudi de l'anatomia microscòpica dels teixits. Hi ha dos enfocaments analítics utilitzats en l'antropologia per estudiar les microestructures. Una, denominada histomorfològia, és l'anàlisi qualitativa de la morfologia i organització de les microestructures. L'altra, denominada histomorfometria, és l'estudi quantitatiu de l'organització i estructura microscòpica del teixit. Aquestes anàlisis es poden realitzar mitjançant un enfocament estàtic o dinàmic per estudiar el teixit. L'anàlisi histològica estàtica permet l'avaluació d'un teixit en un moment determinat. L'anàlisi histològic dinàmic permet l'avaluació de l'os un període de temps. Mitjançant la histomorfològia i la histomorfometria es pot estimar l'edat a la mort, avaluar la història de la càrrega biomecànica, avaluar la salut esquelètica i classificar les condicions patològiques.

L'os és un teixit dinàmic, que canvia constantment durant la vida d'un organisme i proporciona un registre de canvis estructurals, mecànics i de composició. Els esquelets s'han tendit a analitzar com a entitats rígides, mentre que a la realitat són plàstics, responen contínuament als estímuls comportamentals i ambientals (O'Regan i Kitchener, 2005).

La tomografia computada i l'anàlisi de la microestructura òssia permeten matisar aquesta visió més àmplia proporcionada per l'osteometria i establir els règims d'activitat de les poblacions domèstiques. L'anàlisi de radiografies i de models digitals 3D de restes òssies permet caracteritzar variables del teixit ossi inaccessibles únicament a partir de l'observació directa de les restes de fauna. Paràmetres com l'amplada de la cortical o la densitat òssia estan directament relacionats amb el tipus d'explotació i condicions de cria, podent identificar a partir d'aquests criteris animals sotmesos a condicions d'estrès, explotació làctia intensiva o mobilitat recurrent (Shackelford, et al. 2014). La tomografia computada presenta a més un altre avantatge i és que es tracta d'una tècnica no destructiva, permetent avaluar amb detall i quantificar, a partir de conceptes de la biomecànica, el nivell d'activitat dels animals i el seu estat de salut.

En la mateixa línia, el treball amb làmines primes de teixit cortical permet accedir al recompte i mesura de les osteones, unitat funcional bàsica del teixit ossi cortical (Chamberlain i Forbes, 2001). El nombre i mida de les osteones pot variar en segons el règim d'explotació a què ha estat sotmès l'animal, sent possible, a partir de les seves característiques, determinar l'edat i sexe dels individus de forma precisa i relacionar-lo amb el règim d'explotació i productes obtinguts (llet, carn, força). Es tracta doncs d'una aproximació que complementa les anàlisis morfomètriques anteriors i que permet incidir en la dinàmica d'explotació d'individus concrets, aspecte molt interessant per avaluar la capacitat productiva d'un ramat a partir de les restes de fauna arqueològiques.

#### 2.5.3.7.1 Histologia quantitativa

L'estudi es basa en l'anàlisi de les diferències morfològiques entre els teixits ossis. Consisteix en mesurar el gruix de la paret de les osteones (Desse i Chaix, 1994). Les osteones dels

mamífers salvatges presenten parets significativament més gruixudes que les dels seus descendents domèstics. El càlcul de la relació entre la superfície de les osteones i la del teixit intersticial mostra, per Lasota-Moskalewska i Moskalewski (1980), clares diferències entre el senglar i la seva forma domèstica, el porc.

#### 2.5.3.7.2 Paleopatologia òssia

L'ambient més restringit i les noves condicions higièniques poden derivar en el desenvolupament de patologies vinculades a l'estat domèstic. Entre aquestes s'han proposat com a diagnòstiques les irregularitats dentals causades per l'estrès i la desnutrició. Una de les més utilitzades es la presència d'hipoplàsies. S'ha vinculat també l'augment de les patologies a la part distal de les extremitats amb l'estabulació o restricció del moviment (Köhler-Rollefson, 1989) i amb l'ús dels animals com a mitjà de treball. Les evidències de paleopatologies atrofiques són útils per identificar el bestiar que va arribar a una edat prou avançada per desenvolupar aquestes lesions (Bartosiewicz, 2013). Les exostosis òssies de les extremitats inferiors són lesions associades a l'edat avançada i aquestes deformacions de creixement es solen atribuir a l'explotació animal amb objectius a llarg termini (De Cupere et al. 2000). Aquest tipus de patologies es troben exclusivament en ossos de les extremitats inferiors del bestiar i en espècies ramaderes que produeixen productes secundaris (Sapir-Hen et al. 2008).

#### 2.5.3.8 Residus orgànics

Els àcids grassos extrets dels residus adherits a les parets dels contenidors ceràmics es separen els uns dels altres utilitzant cromatografia de gas (GC) i es poden mesurar les seves abundàncies relatives i comparar-les amb mostres de referència modernes associades a produccions i aliments particulars d'origen animal (Evershed et al. 1990). Els lípids poden ser diagnòstics de greixos animals. És possible diferenciar entre els greixos procedents del teixit adipós subcutani i residus de productes lactis. Els greixos moderns de llet contenen abundants àcids grassos saturats de cadena curta i es poden distingir dels greixos adiposos del mateix animal (Evershed et al. 2002). Mitjançant la cromatografia de gas i espectrometria de massa (GCC- IRMS) es possible distingir les signatures isotòpiques dels greixos animals d'espècies remugants i no remugants i avaluar el paper dels aliments lactis i la productes càrnics en la dieta i estratègia econòmica en general. En l'actualitat, alguns estudis han apuntat la possibilitat de discriminar fins i tot entre diferents subproductes làctics.

### 3. MATERIALS

#### 3.1. L'àrea del llevant oriental i el fenòmen de la neolitització

La vall mitjana del riu Èufrates, concretament en la franja que engloba la part septentrional de l'estat actual de Síria i la part meridional de Turquia, constitueix des de la dècada de 1970 una de les zones millor estudiades i amb una documentació mes rellevant sobre el fenomen que va suposar l'aparició de les primeres societats agrícoles al Pròxim Orient. Exemples notables dels projectes arqueològics desenvolupats en els jaciments afectats per la construcció d'embassaments i altres obres hidràuliques van ser, a la fi dels anys 1970, les recerques realitzades en Mureybet, Cheikh Hassan o Abu Hureyra (Cauvin 1977; Moore et al. 2000) a partir de la construcció de l'embassament del Assad, en el riu Eufrates a l'oest de l'actual ciutat de Raqqa. Aquest dinamisme es va prolongar en la dècada dels 90 i 2000 gracies a les campanyes de salvament propiciades per la construcció de l'embassament Tishrine, situat a 25 quilòmetres a l'oest de l'actual ciutat de Menbij, ja en les proximitats a la frontera actual entre Síria i Turquia. Els treballs de camp i la recerca realitzada sobre un conjunt de jaciments geogràficament pròxims han suposat una ampliació inèdita del coneixement existent sobre el període neolític en el Llevant nord. Es tracta dels assentaments de Jerf el Ahmar, Abr', Djade i tell Halula i, ja en la part més meridional de la regió de l'Eufrates mig sirià, els poblats de Bouqras i tell és Sinn.

Cap al nord d'aquest conjunt, travessant la frontera, ens trobem amb un altre gran nucli de projectes pioners dels anys 80' que varen treballar els jaciments de Cafer Hoyük, Gritille i Hayaz, els quals també varen tenir una continuïtat gracies a la construcció de l'embassament de Birecik i Karkemish (províncies turques de Gaziantep i Sanliurfa). Les dades aportades aquests darrers anys per les excavacions en assentaments com Akarçay Tepe i Mezraa Teleilat remarquen el paper molt important de la vall fluvial durant el procés de neolitització del Pròxim Orient. Així l'excepcionalitat del registre arqueològic recuperat en tots aquests jaciments, unit a la intensa recerca duta a terme per nombrosos equips internacionals (noves troballes, ampliació de les analítiques, plantejament de noves hipòtesis) ha propiciat que en les darreres dècades aquesta zona s'hagi convertit en un context de referència sobre l'aparició de les primeres societats agrícola-ramaderes. El nostre objectiu en aquesta part del treball és realitzar una presentació general del context històric estudiat i posteriorment efectuar una presentació del conjunt de dades obtingudes en l'estudi del jaciment de Tell Halula, objecte des nostres treballs analítics.

Per a una revisió de l'estat actual del coneixement sobre els primers poblats agrícoles en aquesta zona del Pròxim Orient, seguirem la proposta cronològica -cultural establerta per investigadors de la "Maison de l'Orient et de la Méditerranée" (MOM) (Hours et al. 1996; Aurenche et al. 2001).

En primer lloc, es documenta un nombre reduït d'assentaments en el període Natufià (Període 1-MOM) entre la fase de millora climàtica (Allerod) i l'episodi fred i sec Dryas III, els quals corresponen a l'horitzó cronològic entre el 12.500-10.200 cal ANE. Com es recordarà es tracta dels últims grups de caçadors-recol·lectors en la zona de Pròxim Orient que han rebut diferents noms de cultures arqueològiques segons les èpoques i els diferents orígens de les recerques

dutes a terme en el territori. En general, per a la zona del Llevant aquesta cultura rep el nom de Natufià mentre que, per a la zona dels Zagros, aquesta rep el nom de Zarzià.

La innovació més significativa d'aquesta primera etapa del procés general de transformació és l'aparició de veritables poblats amb característiques tan de tamany com d'inversió de treball innovadores, formant petits grups de cabanyes, conseqüència d'una major agrupació de la població en un mateix lloc. Les estructures d'hàbitat d'aquest període presenten una planta circular o semicircular, a vegades de més de 8 metres de diàmetre, i estan excavades, totalment o parcialment, en el subsòl. A l'interior d'aquestes estructures d'hàbitat s'han documentat llars, excavades directament en el sòl o delimitades per cercles de pedres, i, en alguns casos, s'han trobat evidències de possibles forats de pal (com en els jaciments a l'aire lliure d'Abu Hureyra (Síria), Mallaha (Israel) i Wadi Hammed (Jordània). El registre mostra també petites fosses, de diàmetre inferior o igual a 1 m., interpretades com a sitges indicadores per tan d'una gestió i emmagatzematge col·lectius dels recursos explotats. Aquesta major inversió de treball en les estructures d'hàbitat, així com la presència de sitges en els poblats, s'han interpretat com a evidències clares que aquest grups vivien en assentaments estables i permanents, és a dir, en poblats ja sedentaris. Una altra innovació del període que s'ha considerat com un nou element que prova aquest probable sedentarisme de les poblacions d'aquest període és la localització de sepultures en els poblats, ubicades bé sota els sòls d'ocupació a l'interior de les mateixes estructures d'hàbitat be a l'exterior d'aquestes. Les sepultures documentades són nombroses i tant poden ser individuals, col·lectives, primàries o secundàries. Els esquelets apareixen en posició flexionada sobre un costat o en decúbit supí i, sovint, acompanyats d'objectes d'aixovar (Bar-Yosef 1998a; Bar-Yosef i Belfer-Cohen 1989, 1992).

De la mateixa manera és constata com els natufians continuen ocupant també alguns abrics i coves naturals, com en el cas de Hayonim, el Wad, Shukbah, Kebara (Israel). En els últims anys, hi ha cert consens a acceptar que durant aquest període hi ha diferents tipus d'hàbitat: d'una part els campaments base, sedentaris, permanents i que es caracteritzen per estructures d'hàbitat associades a sitges i amb sepultures, convivint amb petits campaments estacionals especialitzats tant a nivell funcional (estacions de caça i de processament dels animals, etc.), com a nivell d'explotació estacional de determinats recursos en diferents entorns (Bar-Yosef 2001; Bar-Yosef i Meadow 1995).

Un altre element que tradicionalment ha estat esgrimit a favor del caràcter sedentari dels poblats considerats com a campaments estables, es la presència d'útils macrolítics com a molins i morters per al processament dels recursos vegetals explotats (Perrot 1966; Cauvin 1985a; Molist 1993). L'associació entre aquest tipus d'útils i el probable sedentarisme d'aquestes poblacions, s'infereix de la dificultat en el transport d'aquests útils a l'hora de recórrer llargues distàncies. En general, el probable sedentarisme dels poblats i la utilització d'aquest tipus d'útils, també ha de posar-se en relació amb la nova orientació econòmica dels grups. En efecte, aquesta es caracteritza per una explotació més intensiva i diversificada dels diferents nínxols ecològics situats en la proximitat dels hàbitats, explotació definida com a "economia d'ampli espectre" i que, en aquest cas concret, s'associaria amb l'explotació d'espècies vegetals que poden ser processades amb aquest tipus d'indústria pesant, com els cereals, lleguminoses, glans o festucs que requereixen un tractament mecànic específic de d'extracció de les pellofes o triturat. La

ubicació dels assentaments en el límit entre diferents zones ecològiques afavoreix aquesta mateixa diversificació com en el cas, per exemple, d'assentaments com Mureybet i Abu Hureyra, situats entre l'estepa i la vall fluvial de l'Eufrates, on es documenta una explotació simultània dels recursos naturals tant de l'àrea ecològica de l'estepa com de la ribera (Bar-Yosef 1998a; Bar-Yosef i Belfer-Cohen 1989, 1992; Cauvin 1997; Moore et al 2000).

L'economia de subsistència dels darrers grups de caçadors/recol·lectors del Llevant de Pròxim Orient, mostra com les principals aportacions provenen de la caça, la pesca i la recol·lecció dels recursos de l'entorn. Des de fa uns anys hi ha un cert debat entorn al possible "cultiu" de cereals d'aquest període. Aquesta hipòtesi es sostinguda en part pel registre arqueobotànic i pel registre tecnològic documentat per a aquest període i, sobretot, en les innovacions tecnològiques i morfològiques documentades en la indústria lítica i òssia. Amb anterioritat ja s'ha definit com la presència de molins i morters a l'interior de les estructures d'hàbitat dels poblats s'associa amb el caràcter sedentari de les poblacions, objectes que al mateix temps poden associar-se amb una progressiva preferència en el consum dels cereals al llarg d'aquest període. D'altra banda, l'aparició d'un nou tipus de làmines, denominades làmines de falç, amb un tipus de llustre brillant sobre el tall interpretat com el resultat del contacte reiterat d'aquestes amb les tiges de plantes riques en sílice, com les canyes i els cereals. Això va provocar que alguns investigadors proposessin la hipòtesi d'una precoç "agricultura" puntual durant el Natufià. Finalment, en relació amb la indústria òssia, apareixen per primera vegada unes peces planes amb una ranura marcada en un de les seves vores i que s'han interpretat com a mànecs d'un o diversos elements de sílex, en forma de falç, també associats a una possible "agricultura" incipient (Willcox 2014; Hillman 2000).

En general, el major i millor coneixement de les poblacions natufianes del Llevant de Pròxim Orient en els últims anys ha permès una millor comprensió del procés de neolitització en la zona, en trobar-nos davant la base del coneixement necessari per al posterior desenvolupament i consolidació de les pràctiques agrícoles i ramaderes i de la plena domesticació vegetal i animal, tant a partir d'una explotació més intensa de l'entorn dels assentaments i, sobretot, d'algunes de les espècies potencialment domesticables com els cereals, com de la sedentarització i l'establiment dels poblats en un mateix lloc de forma permanent.

A la zona de la Vall de l'Èufrates els assentaments d'aquest període no són nombrosos tot i que s'han trobat restes als jaciments de Nash el Horm, Mureybet i Abu Hureyra I, tots ells són coneguts des de fa temps, ja que no s'ha pogut ampliar el registre amb nous exemples malgrat les prospeccions realitzades per les campanyes de salvament de la zona. Aquests jaciments han aportat dades clau per al coneixement d'assentaments amb arquitectura, així com també amb dades per a la reconstrucció paleoclimàtica (Cauvin 1994; Moore et al. 2000).

El següent horitzó històric, denominat tradicionalment Pre Pottery neolithic A (Període 2 – MOM) que com es reconegut constitueix un dels moments claus del procés de transformació definit com a neolitització. L'inici 'aquest nou període es considera que coincideix amb l'etapa final del Dryas Recent i el començament de l'Holocè (a partir del X<sup>o</sup> mil·lenni cal ANE), una etapa caracteritzada per un clima més suau i més humit que trobarà la seva esplendor màxima

durant el període següent. Aquesta millora climàtica permet una expansió de les zones arbòries, així com un augment en la densitat de les mateixes (Sanlaville 1996, 1997).

Com en l'etapa anterior, una part dels jaciments documentats i pertanyents al PPNA es localitzen en la zona del Llevant sud. No obstant això, es continua ocupant la zona dels Zagros i s'evidencia també una ocupació en la zona septentrional de Pròxim Orient (Síria i sud-est de Anatolia), cada vegada més important gràcies a la troballa de jaciments com Jerf el-Ahmar, Mureybet i Cheikh Hassan (Síria) i Çayönü i Hallan Çemi i els nous jaciments de la Vall del Tigris (Anatolia). A nivell general, es documenta una lleugera disminució en el nombre total de jaciments localitzats respecte a l'etapa anterior i sobretot el seu reagrupament en algunes àrees determinades. Aquesta singular distribució geogràfica dels jaciments ha estat interpretada com l'existència d'unes zones privilegiades on es desenvolupen, per primera vegada, les primeres evidències d'agricultura i que es caracteritzen pel seu important potencial hidrogràfic i de sols al·luvials: la vall del Jordán, l'oasi de Damasc, la vall de l'Èufrates i el sud-est de Anatòlia (Kuijt i Goring-Morris 2002; Stordeur 2000; Stordeur i Abbès 2002; Özdoğan 1998, 2003; Aurenche i Kowloski 2003).

Les anàlisis paleobotàniques mostren la presència de cereals i de lleguminoses en diversos jaciments durant aquesta etapa: Jericó (Palestina), Netiv Hagdud (Israel), Mureybet (Síria), Jerf el-Ahmar (Síria), Qermez Dere (l'Iraq) i M'lefaat (l'Iraq). Es tracta de lleguminoses i de cereals, com el blat, l'ordi i el sègol, seleccionats i conreats com a conseqüència de les seves pròpies característiques biològiques, que les fan idònies per al cultiu i consum, i de les seves qualitats nutritives. No obstant això, durant aquesta etapa les llavors de cereals i de lleguminoses documentades presenten encara una morfologia salvatge, donat que no s'ha pogut constatar una domesticació clara d'aquest tipus de vegetals, malgrat que en algun dels estudis pioners en jaciments com Jericó, Aswad i Netiv Hagdud s'hagués identificat erròniament algunes de les llavors recuperades com a domèstiques. Les evidències de les pràctiques agrícoles es resumeixen, principalment, de major a menor importància, en la composició de les plantes adventícies que acompanyen als cereals, indicadors d'una acció antròpica sobre aquestes; la presència d'empremtes de tiges en l'arquitectura de terra i l'existència de làmines amb llustre com en l'etapa anterior, s'ha considerat com una dada significativa a l'hora de proposar l'existència de veritables pràctiques agrícoles. En aquest sentit, J. Cauvin i el seu equip, en particular G. Willcox, foren pioners a considerar que durant aquesta etapa algunes poblacions humanes haurien pogut dur a terme el cultiu de cereals salvatges, base del posterior desenvolupament de la domesticació de les plantes a Pròxim Orient, trobant-nos davant una agricultura "pre-doméstica". Aquest probable cultiu de cereals i lleguminoses es complementaria amb l'explotació d'altres recursos salvatges de l'entorn a partir de la recol·lecció d'alguns fruits com a festucs i, més excepcionalment, de glans, i de la caça amb la documentació de restes de fauna de, principalment, gaseles, suïds, bòvids i ovicaprins (Cauvin 1997; Harris 1996; Miller 1993; Willcox 2000).

Una altra de les innovacions d'aquest període es el desenvolupament de nous models poblacionals. Es un tema rellevant car el seu anàlisi permet aproximacions a l'estructura social de la població. Així, s'ha constatat d'una part un fenomen de reagrupació de la població interpretat sobretot a partir d'una disminució en el nombre total d'assentaments, com de

l'augment de la superfície dels poblats a l'aire lliure. D'altra banda, aquest fenomen es veu acompanyat també de la progressiva desaparició dels assentaments en cova i de les petites instal·lacions estacionals, tan característics del període anterior. En relació amb l'arquitectura i les tècniques arquitectòniques, es documenta un augment de la complexitat constructiva, així com canvis en l'ordenació interior d'aquestes: d'una costat, s'evidencia el pas progressiu de la planta circular excavada en el sòl a la planta rectangular de les cases, constatada en diversos jaciments, especialment de la Vall de l'Eufrates (Jerf el Ahmar, Mureybet), on s'ha documentat la progressiva substitució d'un tipus de planta per un altre, com, en les etapes intermèdies de la transformació i fins i tot, la convivència entre tots dos tipus de planta arquitectònica en una mateixa fase d'ocupació (Stordeur 1999; Stordeur et al. 2001).

D'altra costat, i en relació amb els canvis en l'ordenació interior de les unitats d'habitació, s'han documentat cases de planta circular amb petits murs que divideixen l'espai interior amb la finalitat de delimitar àrees on es desenvolupen diferents activitats de caràcter domèstic, com en el cas de la casa XVIII de Mureybet. Un altre aspecte que podem relacionar amb aquest augment de la complexitat arquitectònica de les estructures d'habitació en els assentaments del PPNA és l'aparició dels primers espais d'ús col·lectiu, com la torre i la muralla del jaciment de Jericó (Palestina) i els edificis comunitaris de Jerf el-Ahmar i Çayönü, interpretats com a espais on es duen a terme activitats socials (com a llocs de reunió) o activitats d'ordre simbòlic. En aquest àmbit el jaciment de Gobekli Tepe al sud-est d'Anatòlia ha comportat una veritable revolució tan pel que fa al registre de les tècniques constructives com per la riquesa simbòlica que si documenta. (Cauvin 1978, 1997; Özdoğan 1999; Özdoğan 2003; Stordeur et al. 2000, 2001).

Les pràctiques funeràries segueixen la mateixa tradició que la definida en l'etapa anterior, és a dir hi ha una continuïtat en la inhumació tan a l'exterior com a l'interior de les estructures d'hàbitat, principalment sota els sòls de les cases. La principal innovació durant aquest període és la documentació, en jaciments com Jericó, Tell Aswad, de cranis separats de la resta del cos i amb un tractament facial, sobretot amb enlluïts i pintats que es troben dipositats de manera aïllada o en petites agrupacions bé sobre els sòls de les cases, be en fosses, enterrats sota aquestes o en espais significatius. (Kuijt 1996; Kuijt 2000a; Aurenche i Kozłowski 2003; Le Mort 1992).

En relació amb la indústria lítica tallada, s'evidencia una disminució de la grandària de les eines lítiques, la introducció de nous tipus de puntes de fletxa, així com un augment dels útils i en particular del nombre de falçs en el registre arqueològic. També es documenta l'aparició de noves tècniques de talla, com el cas de la talla per pressió en la zona dels Zagros i la talla per percussió en nuclis de tipus bipolar. Finalment, la millora produïda en les tècniques de poliment de la pedra porta a l'aparició, al final del període, de les primeres destrals polides (Abbès 2002; Cauvin 1997).

A totes aquestes transformacions de tipus més econòmic i social, cal afegir la transformació simbòlica documentada durant el PPNA amb la progressiva humanització de l'art. Aquesta humanització es caracteritzarà pel pas de les representacions de temàtica més animalística, característica d'etapes anteriors, a l'aparició de les primeres representacions femenines esquemàtiques, en forma de petites figurines. D'aquesta manera, és durant el PPNA on es



proposa tradicionalment situar els inicis de la simbologia de la Deessa Mare que posteriorment es difondrà per tot Pròxim Orient i el Mediterrani (Cauvin 1994). Però en els darrers decennis a la zona del nord de Síria i sud-est d'Anatòlia s'ha documentat en els jaciments d'aquest horitzó un important nombre de representacions simbòliques centrades en les representacions geomètriques i, sobretot de figures d'animals, i poca presència de representacions humanes. En concret, en jaciments com Jerf-el Ahmar, Tell Qaramel i Tell Abr' III pel que fa al nord de Síria i Nevalia Çori, Cayonu, Gusir Höyük , Demirkoy, Kortik Tepe y Hasankeyf Höyük a la zona del sud-est d'Anatòlia. En ells es localitzen les figuracions sobre varis tipus de suports (esteles, "pedres de ranura", plaquetes, escultures , amb motius figuratius representant, en general, ocells rapaços, serps (o signes serpentiformes), bòvids, aus, carnívors, escorpins, etc... amb un estil homogeni . Cal destacar a més els jaciments de Göbekli Tepe i Nevali Çori, amb una riquesa dels mateixos motius animalístics sobre esteles, però en edificis que tenen una clara funció comunitària, probablement de tipus simbòlic-religiós.(Schmidt 2000; Schmidt i Hauptmann 2003; Stordeur 2000).

A la zona de la Vall mitjana del riu Eufrates s'han documentat algunes aportacions molt significatives en les últimes dècades de recerca. D'aquesta forma, la continuïtat cronològica registrada en l'assentament de Mureybet ha permès ampliar el coneixement sobre l'evolució entre els dos períodes (1 i 2 – MOM), al mateix temps que altres jaciments PPNA com Jerf el Ahmar i Tell Abr' han consolidat les noves interpretacions sobre aquest horitzó. Sobre la base de la documentació actual, tres són els aspectes de canvi més destacats que es documenten de manera molt significativa a la zona de la Vall de l'Eufrates. El primer d'ells incideix en l'estructura econòmica dels poblats, perquè de manera pionera en relació a altres zones del Pròxim Orient, apareixen les primeres evidències clares d'una major explotació i processament de plantes silvestres. Es tracta de la denominada "agricultura pre-domèstica" a causa de l'absència en aquests moments dels trets morfològics que marcaran l'aparició posterior (PPNB) de les primeres espècies domèstiques (Willcox et al. 2009). Aquests canvis en la gestió de les espècies vegetals silvestres es van produir en un marc general de continuïtat en les pràctiques de caça i recol·lecció, mantenint d'aquesta manera unes dinàmiques d'explotació de recursos inicialment similars a les del període anterior.

El segon canvi se situa en els àmbits tecnològics i sociològics en produir-se un ampli ventall d'innovacions quant a les tècniques i els models constructius (el pas de la planta circular a la rectangular), així com en l'organització del propi espai construït en els poblats. Com s'ha citat es el jaciments d'aquesta àrea del Èufrates on aquest canvi està millor i més clarament documentat (veure supra).

En relació al tercer gran àmbit de transformació, el que compren el món simbòlic de les comunitats humanes de l'horitzó PPNA, com s'ha assenyalat la zona de la Vall de Èufrates es una de les més paradigmàtiques donada la presència dels assentaments de Jerf el Ahmar, de Abr III i de Djade el Mughara en els quals s'ha documentat un registre extraordinari, que coincideix, com s'ha mencionat , amb una inusual coherència de temàtiques i cronologies amb els altres assentaments de la zona nord de Síria i del sud-est de Anatòlia (Cauvin 1997; Stordeur 2003; Watkins 2010).

El següent horitzó cronològic, denominat PPNB, amb una cronologia de 8800-7000 cal ANE des (períodes 3 i 4 – MOM) vindrà marcat per la plena consolidació de les noves formes econòmiques, culturals i socials. Recordem que a nivell general, aquesta etapa està caracteritzada per documentar de manera progressiva la veritable expansió i consolidació de les incipients transformacions documentades en el període anterior. En primer lloc, ens trobem davant el desenvolupament dels veritables poblats agrícoles en tota la zona de Pròxim Orient, amb extensions de 10 i 12 ha com a signe d'un veritable creixement demogràfic de la població, els quals presenten una ordenació més o menys regular de l'espai intern. Aquests assentaments es distribueixen de forma irregular per tota la zona de Pròxim Orient encara que, majoritàriament, segueixen els cursos dels principals rius (Jordán, Èufrates, Tigris,...). En segon lloc, els hàbitats documentats en aquesta fase presenten ja una planta rectangular, en algunes ocasions pluricel·lular, a l'interior dels quals es documenten estructures de emmagatzematge, relacionades amb l'estructura familiar que ocupa cada unitat d'habitació o cass i el sorgiment d'una nova forma de propietat (Molist 2001). En tercer i últim lloc, aquesta etapa es caracteritza per un veritable coneixement de l'economia de producció amb la generalització i consolidació de l'agricultura per tota la zona de Pròxim Orient i en els moments més arcaics els primers indicis de domesticació de les principals espècies animals (ovicaprins, bou i porc) i la seva progressiva transformació amb una ramaderia estable. Esmentem també la constatació en aquesta etapa d'un increment de les evidències de xarxes d'intercanvi de productes que han adquirit un alt valor social, com, per exemple, l'obsidiana de Anatòlia i algunes petxines del mar Mort, del Mediterrani o del Golf Pèrsic (Pernicka et al. 1997; Molist 2001b).

Aquestes innovacions no es produeixen al mateix temps, sinó que van succeint-se cronològica i progressivament entre el 8800 i el 7000 cal ANE. Es per això, que el PPNB s'ha dividit en tres fases, en cadascuna de les quals es desenvolupen les innovacions esmentades més amunt. Així doncs, tenim una primera fase corresponent al PPNB Antic, entre el 8800 i el 8000 cal ANE, una segona fase sota el nom de PPNB Mitjà, entre el 8000 i el 7500 cal ANE i, finalment, una tercera fase entre el 7500 i el 6900 cal ANE, coneguda com PPNB Recent.

La fase històric-cronològica del PPNB Antic té un alt grau de continuïtat de la fase anterior, tan pel que fa als nombres i característiques dels assentaments com de processos arqueològics documentats. Així trobem la continuïtat de poblament en varis jaciments de la vall del riu Eufrates (Síria) i en el sud-est de Anatòlia, com Mureybet, Cheikh Hassan, Dja'de, Çayönü, Göbekli Tepe i Nevalı Çori. En molts d'ells serà la darrera ocupació abans de l'abandó definitiu. La rica documentació d'aquesta àrea permet definir bé les característiques amb la generalització de la planta rectangular i el desenvolupament de les tècniques arquitectòniques cada vegada més elaborades. Aquesta generalització comporta l'abandonament de l'ús de la planta circular que ja no tornarà a utilitzar-se fins al període del Neolític Final (Pre-Halaf c. 6500 cal BC). L'ús de la planta rectangular s'associa amb l'aparició del grup familiar com a unitat de producció ja que permet, malgrat una major dificultat i un major esforç de treball invertit durant la seva construcció, un millor aprofitament de l'espai interior (utilitzat per al magatzematge dels productes obtinguts pel mateix grup familiar) i una major expansió de les mateixes estructures d'habitació amb l'acoblament de noves habitacions davant la necessitat d'augmentar l'espai d'habitació necessari per a una unitat familiar. La continuïtat en relació al període anterior es

documenta diferents àmbits com son el de les evidències simbòliques (representacions, edificis de usos col·lectius o simbòlic- religiosos, tecnologia lítica,...). En relació amb les pràctiques funeràries, destaca l'aparició per primera vegada en el Pròxim Orient i a partir d'aquesta etapa d'agrupacions d'esquelets, complets o no, associats a cranis, a l'interior d'un edifici construït o utilitzat, segons sembla, per a aquesta funció. Aquesta pràctica resulta, de moment, bastant excepcional perquè s'ha documentat només en dos casos: Çayönü (Anatolia) i Dja'de (vall de l'Èufrates, Síria). En el primer dels jaciments s'ha documentat i excavat un edifici, conegut com el "Skull Building", on s'han trobat un total de 394 esquelets i cranis aïllats en posició secundària, en tres espais adjacents a la gran sala d'un dels santuaris d'aquest jaciment. En el jaciment de Dja'de, s'ha documentat un edifici amb petites habitacions (interpretat com una "casa dels morts") que contenia les restes d'un total de 61 esquelets, tant complets com incomplets, i de cranis aïllats, a l'interior de sepultures col·lectives, ben conservades, descobertes sota els sòls successius d'una petita casa pluricel·lular durant, almenys, tres fases successives d'utilització d'aquesta. La interpretació de les dades suggereix que podria tractar-se de seminòmades que portaven en el poblat els cossos dels individus morts durant el període d'allunyament. Els cossos haurien estat transportats embolicats en estores amb ocre com ho suggereix la troballa d'impressions en varis d'aquests dipòsits funeraris. Aquests conjunts, i sobretot el més espectacular de Çayönü, s'han interpretat com una evidència més de l'existència de cases, que en alguns casos han estat qualificades de santuaris, dedicades específicament a pràctiques rituals col·lectives de la comunitat i que es relacionen, en certa mesura amb el "culte als ancestres" suggerit pels cranis modelats (Coqueugniot 2000; Desmeules 2001; Ozdoğan 1998; Ozdoğan 2003).

Les fases històric-cronològiques del PPNB Mitjà i Recent (8000-7000 cal ANE) continuen estant ben documentada en les mateixes zones on es documentava ja la fase anterior del PPNB Antic, és a dir, la vall del riu Èufrates (Síria) i el sud-est de Anatòlia. Així es documenten innovacions tècniques i socioeconòmiques característiques d'aquesta fase, de les quals destaquem l'estabilització del poblat, la consolidació de l'agricultura i el primer desenvolupament de les pràctiques ramaderes amb la domesticació de la cabra i l'ovella i els inicis de la domesticació del porc i el bou en l'àrea septentrional del Llevant de Pròxim Orient, així com la constatació d'unes xarxes de difusió de matèries primeres, productes, idees i probablement població entre regions que es trobarien a llarga i mitja distància. La proposta teòrica per aquests períodes, es planteja que malgrat haver-hi un alt grau de aprofitament i relacions en l'àmbit local o curta distància, els poblats es troben ja estructurats en xarxes que vehiculen el territori de manera general i fan possible unes relacions socials i econòmiques més complexes.

Serà durant aquestes fases del PPNB Mitjà i Recent quan ens trobem davant el desenvolupament dels veritables poblats agrícoles, amb extensions que van de 7 a 12 ha, com per exemple Abu Hureyra (Síria) i Ain Ghazal (Jordània) i el cas d'estudi de la tesi, Tell Halula. Aquests assentaments es localitzen, majoritàriament, seguint els cursos dels principals rius de Pròxim Orient (el Jordà, l'Èufrates i el Tigris). L'augment de la grandària de la superfície dels assentaments humans s'ha interpretat com una de les principals conseqüències del creixement demogràfic de la població arran de l'adopció de l'agricultura i la ramaderia com a formes

d'obtenció de l'aliment. Aquests assentaments presenten també una ordenació més o menys regular de l'espai intern, on les cases es distribueixen de manera ordenada, juxtaposant-se les unes amb les altres i separades entre si per petits espais de circulació o carrers estrets, o situant-se al voltant d'espais oberts d'ús col·lectiu, a manera de veritables places. Un dels millors exemples d'aquesta ordenació de l'espai intern dels assentaments és el jaciment de Aşikli (Turquia), on les cases s'agrupen en petits barris separats entre si per carrers i tots ells disposats al voltant d'un carrer i/o plaça (Esin 2003) .

Les pràctiques funeràries es caracteritzen per la continuïtat respecte a les fases anteriors. D'aquesta manera, en la majoria dels jaciments, les sepultures es troben a l'interior de les estructures d'hàbitat i es caracteritzen per ser fosses excavades sota els sòls. Aquestes sepultures solen ser primàries i individuals, a pesar que, en alguns casos, en el seu interior poden documentar-se 2 o 3 individus. Aquest tipus de pràctica funerària està constatada en la globalitat del Pròxim Orient en jaciments com Jericó, Jarmo, Mureybet (fase IVB), Tell Halula, Tell Abu Hureyra, i Aşikli. D'altra banda, durant aquesta fase es documenta sobretot en el Llevant meridional, la continuïtat de la pràctica de separar el crani de la resta del cos i donar-li un tractament diferencial, pràctica coneguda ja en la fase PPNA encara que no serà fins al aquests períodes quan adquireix la seva màxima esplendor, en jaciments com en els recentment documentats a Tell Aswad o els ja coneguts de Tell Ramad, Ain Ghazal, Beisamoun, Kfar Hahoreh, Nahal Hemar, Jericó, Mureybet (IVB) i Nevali Çori. Aquests cranis modelats han aparegut, en algunes ocasions, tant aïllats bé sobre els sòls de les cases, bé sota els mateixos (a Beisamoun i a Nevali Çori), com agrupats en amagatalls i fosses excavades a aquest efecte (per exemple, en 7 fosses a Jericó i en 4 o 5 a Tell Ramad). En algunes ocasions, aquests cranis presenten un tractament especial de modelatge en calç o guix i poden ser pintats, responen a una possible recreació de la cara de l'individu. Aquesta pràctica sembla limitar-se, exclusivament, a la zona del Llevant meridional de Pròxim Orient.

En relació amb les pràctiques de subsistència, durant el PPNB Mitjà es documenta la consolidació de l'agricultura amb el cultiu de varietats ja plenament domèstiques, tant de cereals com de lleguminoses. Els primers cereals conreats, com el blat dur, l'ordi o l'espelta, apareixen per primera vegada a partir del 8000 cal ANE, o fins i tot una mica abans, en el sud-est de Anatolia (Çayönü, Çafar Höyük i Nevali Çori). Mentre que la seva aparició és una mica més recent en la zona de la vall mitjana de l'Eufrates (a jaciments com Abu Hureyra i Tell Halula), a la zona del Llevant meridional (Beidha, Jericó i Ain Ghazal) i a la zona dels Zagros (Ali Kosh i Ganj Dareh). Quant a la pràctica de la ramaderia, com ja s'ha exposat serà en aquesta fase quan apareixen les primeres evidències de domesticació animal en l'àrea septentrional del Llevant de Pròxim Orient (veure supra).

Finalment, els horitzons del VII i VI mil·lenni, els períodes denominats Late Neolithic i Halaf (períodes 5, 6 i 7 – MOM) en la zona de la Vall mitjana de l'Eufrates presenten les característiques d'assentaments agrícola-ramaders plenament consolidats. Les aportacions de la documentació obtinguda en els projectes recents de Tell Halula (Molist i Gómez 2017), Tell Amarna (Tunca, Molist i Cruells 2004), Kosak Shamali (Nishiaki & Matsutani 2001), Dja'del Mughara (Coqueugniot 2014) i Tell Abr' (Yartah 2004) permeten certificar una continuïtat en el poblament i caracteritzar així mateix el nou patró d'assentament de la zona de la Vall,

desmentint les propostes arcaiques d'un abandó de les poblacions. Les transformacions se situen en l'àmbit de l'arquitectura (disposició dispersa, menor inversió tecnològica) i la tecnologia (aparició i desenvolupament de la ceràmica, tècniques més expeditives i menor estandardització en la indústria lítica), que contrasten amb la consolidació final del sistema de vida agrícola-ramader (Molist et al, 2013). Finalment, destacar que l'avanç en la recerca sobre aquest període ha permès documentar diverses fases en les primeres produccions ceràmiques a la Vall de l'Eufrates ("Black sèries" i "White Ware"), i proposar una fase de transició a la cultura Halaf (Proto-Halaf) evidenciant d'aquesta forma la inclusió de la Vall de l'Eufrates a la regió original de desenvolupament de la cultura Halaf, juntament amb els jaciments del Balikh i la Jezirah (Cruells 2005, Gómez 2011).

### 3.2. El jaciment de tell Halula (Vall mitjana de l'Eufrates, Síria)

El jaciment de tell Halula es troba situat en la riba dreta del riu Eufrates a uns 700 m de distància de l'actual llit del riu, en una zona de confluència entre tres ecosistemes diferenciats (ribera, muntanya baixa i estepa). El tell ocupa una extensió de 8,3 ha i es compon d'un paquet estratigràfic d'uns 11m d'altura de sediments en relació a les terrasses fluvials on s'assenteixi. Les excavacions realitzades per la missió espanyola dirigida per Miquel Molist entre 1991 i 2011 han permès definir fins a 38 fases d'ocupació successives del poblat. Mitjançant la seqüència estratigràfica establerta en els treballs de camp i la sèrie de datacions absolutes de C14, aquestes fases d'ocupació han pogut ser situades en els horitzons històrics següents (Molist 2001; Molist i Vicente 2013).

Les primeres ocupacions o fases d'ocupació F.O. 1-20 (sector 2/4), corresponen als horitzons PPNB mitjà i recent (des de 7700-7600 cal ANE, cobrint la resta del VIII<sup>o</sup> mil·lenni cal ANE).

- En continuïtat estratigràfica es documenten les fases F.O. 21-34 (sectors 2/4, 7, 14, 1 i 30) atribuïdes als horitzons "Late Neolithic o Pre-Halaf" (6900-6100 cal ANE).

- La F.O.35 (sector 43) documentada en les campanyes de 2002-2003, va permetre proposar una fase transicional denominada Proto-Halaf (entorn del 6100 cal ANE).

- Les ocupacions més recents F.O. 35-38 (sectors 1, 7, 30, 43 i 49) corresponen a l'horitzó Halaf (6000-5500 cal ANE), se situen en els nivells més pròxims a la superfície de la part alta del tell.

Entre els aspectes generals més rellevants distingiríem la gran continuïtat en l'ocupació del jaciment de tell Halula, constituint un dels assentaments claus per a l'estudi de la seqüència del neolític preceràmic i ceràmic a la vall de l'Eufrates. Tal continuïtat permet analitzar l'evolució diacrònica dels aspectes socioeconòmics gràcies a les evidències d'una agricultura consolidada, els inicis i desenvolupament de la ramaderia, i una progressiva complexitat de l'hàbitat i de les produccions artesanals (entre altres, l'inici de les produccions ceràmiques).



**Figura 1** Tell Halula en el marc del Sud-oest asiàtic i els principals jaciments mecionats en el text. *Mapa modificat a partir de Rowanwindwhistler at English Wikipedia.*

Respecte a l'entorn geològic, el jaciment de tell Halula és troba assentat sobre terrenys de l'Eocè Superior i està delimitat en bona mesura pels cursos dels rius Wadi Abu Gal Gal i Wadi el Fars. L'estudi realitzat per Aureli Álvarez (2013) distingeix els següents nivells geològics.

Els materials eocènics estan formats, en la seva base, per calcàries margoses de colors molt clars (gris, groc, blanc...). En els nivells superiors, aquests materials passen a ser cada vegada més margosos, amb la presència d'alguns petits grans de quars i amb la gairebé total desaparició de restes orgàniques (fòssils). En conjunt, es tracta de materials molt tous i fàcilment erosionables pels rius, els quals han excavat profundament el subsòl rocós i que fa que els cursos d'aigua estiguin molt encaixats.



**Figura 2** Vista de tell Halula. *Font: GRAMPO*

La sèrie oligocènica està formada per alternances de materials molt diversos entre els quals convé destacar unes calcàries fossilíferes molt dolomititzades i d'aspecte granulós. Cal indicar la presència de fines capes de calcària micrítica de gra molt fi i de composició molt homogènia. Cap al sud, apareixen els nivells més recents, representats per materials del Helvecià (Miocè). Consten de calcàries organògenes, localment dolomititzades, amb alternança de materials argilencs.



- El Quaternari de la zona correspon a diverses terrasses dels wadi que han excavat el seu llit sobre terrenys de l'Eocè superior. Es tracta de materials de composició molt homogènia, formats per còdols poc rodats, procedents del desmantellament de materials eocènics i miocènics. Es poden distingir diverses terrasses, una d'elles formada per còdols més arrodonits i millor classificats en relació a la grandària.

L'emplaçament de Tell Halula en la riba dreta del riu, i en un punt sobre la terrassa QII que es troba allunyat per 2 km de la riba actual, difereix de la localització dels assentaments propers però que corresponen al període precedent, Jerf el Ahmar i Dja'de, situats plenament sobre l'actual plana al·luvial de l'Èufrates). Tell Halula per l'altre costat l'assentament està orientat cap a la plana de Menbij, per la qual cosa l'accés a àmplies terres de cultiu resulta més immediat cap a la plana que cap a les terrasses de l'Èufrates.



**Figura 3** Tell Halula, Síria. A l'esquerra, construccions d'època Pre-Halaf. A la dreta, un recinte domèstic de l'ocupació del PPNB. *Font Grampo.*

A de conèixer les característiques de les ocupacions analitzarem l'estructura i model d'habitat del poblat al llarg de tota la seqüència. Les dades sobre les primeres ocupacions del tell (F.O.1-4), instal·lades directament sobre el sòl natural, corresponen a estrats sense restes arquitectòniques de cases i que es vinculen a àrees d'activitat a l'aire lliure. En aquests primers estrats es va poder recollir abundant material arqueològic associat a uns nivells de forta composició orgànica (cendroses, carbons) i amb alguna estructura domèstica de construcció simple com les llars formades per cubetes excavades.

A partir de les següents fases d'ocupació, la gestió de l'espai i desenvolupament arquitectònic de l'habitat es pot caracteritzar per unes ocupacions de tipus aglutinat, dens, amb unes cases de planta rectangular, de tipus pluricel·lular complex que representen una gran inversió tècnica. Aquesta model de poblament i aquestes construccions caracteritzaran totes les ocupació del període PPNB a Tell Halula (F.O.5-14).

En efecte, una de les singularitats dels nivells del període PPNB de Tell Halula, és sens dubte la regularitat i la qualitat tecnològica de les cases. Es documenta un model arquitectònic de casa de planta rectangular, amb orientacions N-S o E-W, i 3, 4 o 5 habitacions que seguirà un patró estandarditzat fins al PPNB recent. Les cases es situen en paral·lel, unes al costat de les altres, deixant un espai de circulació entre elles de un metre aproximadament. En la part frontal de les cases (zona sud), s'han documentat espais a l'aire lliure formats per densos sòls exteriors amb

una alta concentració de material arqueològic (restes de fauna, restes lítiques, àrees cendroses) i algunes estructures vinculades a les activitats de preparació i manipulació dels aliments (sitges aèries, estructures de combustió i alguns exemplars de plataformes per assecat els productes vegetals, anomenades “grill pla”. L’interior de la casa s’estructura de la següent forma. A l’habitació central de major grandària (18-22 m<sup>2</sup>), hi destaca un sòl enlluït de cal, es situen les estructures domèstiques com un forn, una llar i els forats de pals destinats a encaixar els elements que sostenen la teulada. Aquest espai central està connectat amb les altres habitacions més petites, situats generalment en la part nord, les qual tenen un acabament menys cuidat que mostra una menor inversió tecnològica, i on s’hi documenten diferents dispositius domèstics com a sitges aèries, plataformes de tipus grill plans, fosses, i on s’han recuperat multitud d’útils. Finalment, en algunes cases es construeix una tercera habitació situada en l’extrem oposat (zona sud), denominada iwan o porxo, ja que és considerat com un espai semiobert i que estaria adossat a posteriori a l’estructura central que formarien les habitacions anteriorment descrites. En aquest porxo, amb un accés directe a l’habitació central, és documenten de manera recurrent les evidències que permeten definir que es tracta d’àrees on es duu a terme una gran diversitat d’activitats productives, relacionades amb la preparació d’aliments.

A partir de les ocupacions corresponents al final del període PPNB, s’observa un canvi en el model de distribució del poblat. Ara les unitats constructives o cases tenen una distribució més dispersa, amb amplis espais oberts entre elles, on es localitzen de nou les estructures destinades al treball domèstic com les de combustió, sitges etc... . Aquest tipus de distribució perdurarà al llarg dels períodes “Late Neolithic” i Halaf (F.O.20-38) (Molist 1998, 2001, Molist ed. 2013).

La fase corresponent al Pre-Halaf o Late Neolithic destaca per la seva continuïtat estratigràfica que indiquen una ocupació sense ruptura entre les últimes ocupacions del PPNB recent i els primers nivells del VII mil·lenni, essent un dels rars jaciments on es dona aquesta continuïtat. A nivell arquitectònic, torna a documentar-se l’associació entre cases de planta rectangular de tipus multicel·lular (formades per petites estades) i les de planta circular (els denominats *tholoi*). La presència d’estructures enlluïdes, fosses, estructures de combustió, forats de pal i material arqueològic a l’interior dels dos tipus de cases (rectangular pluricel·lular i circular) suggereix en principi una funció domèstica complementària.

Els elements arquitectònics documentats durant la fase de transició denominada Proto-Halaf, i durant tot l’horitzó Halaf, es a dir, a finals del VII i a la primera meitat del VI mil·lenni, mostren un model de poblat molt similar a l’anterior. De nou es documenten construccions domèstiques que combinen les plantes rectangulars pluricel·lulars amb les de tipus circular unicel·lular. En resum, les dades del neolític ceràmic a tell Halula indiquen un model de poblat obert on les cases es disposen de manera aleatòria, distants entre elles i amb grans àrees obertes entre si, espais que son ocupats per efectuar-s’hi les principals activitats econòmiques. D’altra banda, en aquests nivells superiors, la presència de nombroses fosses, la baixa inversió de treball en les construccions, etc., pot coincidir amb les últimes hipòtesis sobre la gran mobilitat que podrien haver presentat aquests grups Halaf (Gómez 2011).



Es interessant destacar que la documentació recuperada vinculada a l'explotació de recursos vegetals i animals permet caracteritzar tell Halula com un poblat dels primers agricultors i ramaders del Llevant nord i del Pròxim Orient. Els estudis arqueozoològics i paleobotànics proporcionen les evidències materials per a constatar l'evolució d'una economia de subsistència centrada essencialment en l'explotació d'espècies salvatges en els nivells inferiors, fins a la gestió de productes domèstics al llarg de l'ocupació PPNB.

Destaquen les dades de l'explotació dels recursos vegetals que mostren des de la base, i per primera vegada a la vall de l'Eufrates, una agricultura incipient en el període PPNB de diferents espècies de blats morfològicament domèstics (*Triticum aestivum/durum*, *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum*); però es constata també l'existència de varietats de tipus salvatge com el *Triticum dicocoides* o l'ordi (*Hordeum spontaneum*), bé com a resultat d'una recol·lecció, bé en forma de cultiu però a partir de llavors morfològicament salvatges. D'altra banda, es documenta l'explotació agrícola de lleguminoses com *Lens orientalis/culinaris* (llentia) i en menor quantitat *Lathyrus sativus-type* (guija), *Pisum sativum* (pèsol) / *Pisum sp.* i *Vicia cf. ervilia* (arveja), així com l'explotació d'espècies fruïteres com l'olivera, la prunera (prunus), la tàpera, la figuera, l'ametller i algunes restes de vinya. La documentació disponible per a l'horitzó Pre-Halaf manté la representació de les mateixes espècies vegetals, afegint l'aparició de la *Vicia faba* (fava). Finalment, en el període Halaf, les freqüències d'aparició de les diferents espècies semblen variar respecte als períodes anteriors. Els cereals majoritaris són el blat vestit (*T. dicoccum*,) i l'ordi (*Hordeum Vulgare*, varietat vestida), a més de la singular presència nombrosa de cariòpsides i forquetes de *Aegilops* (planta silvestre). En el Halaf pràcticament deixen de documentar-se espècies de lleguminoses, i a nivell de fruites tan sols es documenta la tàpera.

Les anàlisis antracològiques mostren una gran varietat d'espècies com Pistacia, Quercus, Fraxinus o Populus, que serien indicadors d'una vegetació adaptada a un clima lleugerament més humit que l'actual. Les característiques més favorables per l'existència de cultius de secà han estat igualment posades en evidència per les anàlisis d'isòtops de C13 (Araus et al. 2001). La important presència de lli en el registre arqueobotànic (ús de les seves fibres per a funcions tèxtils) ha portat a proposar també el seu cultiu per part dels habitants de tell Halula (Willcox et al. 2009; Buxó & Rovira, 2013).

Pel que fa als aspectes simbòlics i pràctiques funeràries la documentació de tell Halula es també molt important. En efecte s'han documentat alguns dipòsits de bucranis, tant de ur com de gaseles, en els fonaments d'algunes construccions. El més important però es la descoberta i documentació de pintures en el sòl i parets d'algunes cases. Es tracta de 5 construccions del període PPNB mitjà que presenten una decoració pictòrica, de motius figuratius i geomètrics, entre les quals destaca una escena complexa amb figures humanes, probablement femenines, al costat d'algun motiu geomètric. Respecte a les pràctiques funeràries de l'horitzó PPNB mitjà i recent, aquestes es caracteritzen per ser inhumacions primàries en fossa a l'interior de les estructures d'habitat. Les sepultures s'obren directament sobre els sòls de les cases i presenten una distribució molt regular, localitzant-se exclusivament a l'habitació principal i, la major part d'elles, en la zona anterior a la porta d'accés. El nombre de sepultures per casa és variable, entre tres i tretze individus, estant representades totes les categories d'edats i sexes. Les

característiques de les fosses i de la posició de l'individu és notablement constant, per la qual cosa han estat titllades de pràctiques funeràries marcadament estandarditzades. La variabilitat apareix en la presència d'objectes d'aixovar a l'interior de les sepultures. Més de la meitat de les sepultures presenten elements d'aixovar en el seu interior. S'han documentat elements d'aixovar en tots els grups d'edat i en individus de tots dos sexes, a pesar que el grup d'individus de 0 a 4 anys és el que presenta un major nombre de sepultures amb aixovar en relació amb el número de sepultures sense aquest tipus d'objectes d'acompanyament. Els principals tipus d'elements d'aixovar documentats són: indústria lítica en sílex (puntes Biblos), indústria lítica en obsidiana (laminites), macrolític (molins, destrals, boles, polidors), indústria sobre os (agulles, puntes), cons, ocre i objectes d'ornament personal (collarets, polseres, cinturons,...) (Ortiz et al. 2013; Guerrero et al. 2009; Kuijt et al. 2011; Molist et al. 2009).

### 3.3. Estratègies de gestió animal a tell Halula

Les dades disponibles sobre la gestió animal al jaciment de tell Halula provenen de tres treballs de recerca desenvolupats entre 1997 i 2015:

- Saña, M., 1999. Arqueologia de la domesticación animal. La gestión de los recursos animales en Tell Halula (Valle del Éufrates, Síria) del 8.800 al 7000 BP. Tesi doctoral, Departament d'Antropologia Social i Prehistòria, UAB.
- Tornero, C., 2011. Estrategias de explotación, gestión y apropiación del ganado en las primeras sociedades campesinas del Valle Medio del Éufrates: integración de los análisis biogeoquímicos al estudio arqueofaunístico del yacimiento de tell Haula (Valle Medio del Éufrates, República Árabe de Siria). Tesi doctoral, Departament de Prehistòria, UAB.
- Alcàntara, R., 2014. Aplicació de la morfologia geomètrica a l'estudi de la domesticació animal: l'exemple de la vall mitjana de l'Èufrates. Treball de recerca de màster, Departament de Prehistòria, UAB.

En el primer treball, Saña (1999) realitza un estudi sistemàtic de tots els conjunts de restes de fauna recuperades al jaciment de tell Halula, en el marc de la seva tesi doctoral (nombre de restes analitzades = 16.964), caracteritzant les modalitats de gestió dels recursos animals practicades en cada fase d'ocupació de Tell Halula. A nivell metodològic, aquest treball es va basar en aplicar els següents procediments:

- anàlisi de la variabilitat específica i anatòmica (dinàmica de la variabilitat específica, variabilitat esquelètica documentada per cada espècie animal representat, estructura de les poblacions animals sacrificades i la quantitat de biomassa potencialment subministrada per cada espècie en cada fase d'ocupació)

- anàlisi de característiques arqueotafonòmiques (condició dels conjunts, dinàmica de les termoalteracions en relació amb la variabilitat esquelètica i específica, anàlisi de les traces vinculades al processament dels recursos animals)
- anàlisi de l'articulació espacial de les restes de fauna (dinàmica espacial i específica de les connexions anatòmiques)
- anàlisi osteomètrica del material (comparació de les poblacions animals representades, variabilitat interna d'aquestes poblacions).

A partir d'aquesta avaluació es varen establir els intervals hipotètics d'inici de la reproducció sota condicions artificials per als suïds, bòvids, ovelles i cabres. Aquestes dades varen permetre caracteritzar la modalitat de gestió practicada en cada fase d'ocupació, documentant dins de la mateixa, els canvis experimentats en la forma d'adquisició, processament i distribució dels recursos animals. L'anàlisi a nivell diacrònic de la seqüència va permetre documentar l'existència d'una sèrie de punts d'inflexió que representen canvis significatius en la gestió dels recursos animals. Els resultats obtinguts i les hipòtesis plantejades en aquell foren les següents (Saña 1999):

- Durant les fases més antigues (Fase d'ocupació 1 fins la Fase d'ocupació 8), a excepció del gos i possiblement de la cabra, la totalitat de recursos animals explotats a Tell Halula s'han obtingut mitjançant l'activitat de caça. A partir de criteris biomètrics s'ha evidenciat la presència de *Capra hircus* des dels inicis de l'ocupació.
- A la fase d'ocupació 8 es documenta per primera vegada a Tell Halula la presència d'ovella, adoptada sota la forma ja domèstica. El mode d'adquisició practicat en l'interval temporal per al qual es documenta l'adopció de l'ovella domèstica es basa en la combinació de la activitats ramaderes i de caça, amb una explotació diversificada dels recursos disponibles en l'entorn de l'assentament, registrant un major èmfasi sobre el sacrifici de gaseles. L'estratègia de caça es dirigeix principalment sobre exemplars juvenils de gasela, suïds i cèrvids i individus principalment adults per al cas dels bovins. El tipus de ramaderia practicada és essencialment ovina i l'explotació ramadera està orientada principalment cap a l'obtenció de producte carni.
- Entre les fases d'ocupació 9 i 13 s'assisteix a la consolidació de la ramaderia de caprins i a la domesticació potencial de suïds i bòvids. El mode d'adquisició documentat per a aquest interval temporal es basa en la pràctica d'una estratègia mixta que combina l'activitat ramadera i la de caça, constatant com a fet significatiu el predomini d'ovella sobre cabra. Els percentatges relativament superiors d'*Ovis* registrats serien probablement conseqüència de l'estabilització en la ramaderia d'aquest recurs. La ramaderia es dirigeix prioritàriament a la reproducció dels ramats (no es sacrifiquen els individus en edat reproductiva) i a l'obtenció de producte carni (sacrifici majoritari d'individus mascles entre 1 i 2 anys), si bé es documenta també la presència puntual d'exemplars adults de més de 6 anys. Durant aquest interval temporal es contempla paral·lelament la presència potencial de porc domèstic. L'estratègia de caça practicada es centra igualment en l'explotació dels recursos disponibles en l'entorn de l'assentament, registrant un lleuger augment en l'explotació del binomi suïds / èquids en detriment dels cèrvids, bovins i gasela.

- La consolidació de l'activitat ramadera (fases d'ocupació 16-19). A partir de la fase d'ocupació 16 es constata el paper principal de la ramaderia d'ovins. Els recursos explotats a partir de l'activitat de caça continuen disminuint de forma progressiva, fins pràcticament desaparèixer. La caça d'èquids, suids i gasela té caràcter puntual, no contemplant l'explotació dels cèrvids. La reducció de l'espectre d'espècies animals explotades queda evidenciat igualment per l'absència de petits carnívors, lepòrids, felins, aus i tortuga. A aquest fet cal afegir que a partir de la fase d'ocupació 19 es documenta, en base a criteris biomètrics, la presència de *Bos taurus*, si bé continua explotant-paral·lelament *Bos primigenius*. Tot i que el tipus de ramaderia practicada és essencialment bovina, doncs aquests són els principals subministradors de producte carni, l'èmfasi sobre el sacrifici d'ovicaprins, especialment d'ovella, evidencia la importància relativa dels ramats d'ovella i cabra en el marc de l'estratègia general. Cal destacar, en aquest sentit, la baixa contribució relativa dels suids al subministrament de biomassa.

- Finalment, a partir de les ocupacions pre-Halaf es documenta la presència de restes de bòvids i suids probablement domèstics.

Cal destacar d'aquests resultats que s'observa una major importància relativa de l'explotació de les espècies salvatges (*Bos primigenius*, gacela, *Sus scrofa*, cèrvids) durant les fases d'ocupació inicials. Aquesta deixa pas, entre les fases d'ocupació 13-24, a un consum menys diversificat de producte carni, centrat de forma majoritària en el sacrifici d'espècies domèstiques (bàsicament ovelles i cabres). El següent punt d'inflexió es situa al voltant de les fases d'ocupació 25-29 (6900-6800 cal BC), quan augmenta una altra vegada de forma significativa el nombre d'espècies animals destinades al consum, destacant la inclusió més sistemàtica de suids i bovins domèstics, amb un augment relatiu també del sacrifici d'equins i gaseles.

A continuació, l'any 2011, es presenta la tesi doctoral de Carles Tornero. Aquest treball tenia com a objectiu prioritari integrar al conjunt de dades disponibles les anàlisis isotòpiques amb la finalitat de generar nou coneixement sobre la gestió animal i ramaderia inicial al jaciment de tell Halula, a més contrastar algunes de les hipòtesis plantejades fins al moment. El treball es centrà en l'anàlisi de a nivell sincrònic i diacrònic de les fases d'ocupació 8 a la 12 (Tornero, 2011). A nivell de variabilitat específica es important remarcar que es documenta, al llarg d'aquestes fases d'ocupació, un augment relatiu en la representació d'ovins, suids i bòvids, en detriment dels cèrvids. Ovins, gaseles i equins no presenten variacions substancials al llarg d'aquest interval temporal.

Finalment, i seguint amb les hipòtesis plantejades respecte al que fa la domesticació, Roger Alcàntara va realitzar l'any 2015 l'anàlisi concreta de les poblacions de suids de tell Halula integrant les anàlisis basades en la morfologia geomètrica. Amb aquest treball es pretenia establir criteris diagnòstics basats en la morfologia geomètrica per tal de diferenciar entre la forma salvatge i la domèstica en els moments inicials de domesticació de *Sus scrofa* i aplicar-los a l'estudi de dinàmica de la domesticació animal en els jaciments de tell Halula (Síria) i Akarçay tepe (Turquia). Es partia en aquest treball de la hipòtesis de que amb aquest procediment és possible identificar modificacions a petita escala produïdes en la morfologia resultat de diverses pressions selectives (tant d'índole natural com antròpica) que han actuat sobre els animals. A partir de la visualització de les modificacions en la forma dels ossos es

possible identificar i resseguir els canvis experimentats en els elements esquelètics de determinats animals i relacionar-los amb les diverses estratègia de gestió dels recursos animals practicades per les poblacions prehistòriques i en concret per les de tell Halula.

Els resultats obtinguts a partir dels treballs de recerca arqueozoològica realitzats sobre el jaciment de tell Halula evidencien l'existència de canvis significatius en la gestió dels recursos animals a al llarg de la seqüència temporal (PPNDmig-Halaf), destacant: la incorporació de les quatre principals espècies domèstiques, la consolidació i diversificació productiva de les estratègies ramaderes i descens gradual de l'activitat de caça. Tot aquest conjunt de canvis es duen a terme en un interval de temps relativament curt (Saña, Tornero 2014). La documentació, per a la totalitat d'espècies domèstiques, d'una baixa de talla progressiva al llarg de la seqüència (Saña 1999; Tornero 2011; Alcàntara 2015), seria un indicador que aquesta pressió selectiva s'exerceix de forma constant sobre els animals.

L'anàlisi a nivell diacrònic de la seqüència arqueològica representada en aquest jaciment ha permès documentar l'existència d'una sèrie de punts d'inflexió que representen canvis significatius en la manera de gestionar els recursos animals.

Durant les fases d'ocupació més antigues (FO1-FO8), a excepció del gos i possiblement de la cabra, la resta de recursos animals explotats fins a la fase d'ocupació 8 s'han obtingut mitjançant l'activitat de caça. Tenint en compte, però, que a partir de criteris biomètrics s'ha evidenciat la presència de *Capra hircus* des de la fase d'ocupació 3, hem de considerar que la pràctica de la ramaderia sobre *Capra* s'hauria iniciat en moments anteriors, doncs els efectes de la selecció artificial es registren ja en aquesta fase d'ocupació sobre l'esquelet animal. L'estratègia de caça practicada es caracteritza per l'explotació simultània de biòtops diferenciats localitzats als voltants de l'assentament. Mentre que a partir de la quantitat de biomassa potencialment subministrada s'evidencia una major importància relativa dels bovins, les freqüències relatives de representació indiquen una explotació diversificada centrada en l'equilibri entre gasela, cervids, equids, suids i bovins, si bé a partir de la fase d'ocupació març es documenta un major èmfasi sobre la gasela. Aquest grau de diversificació s'amplia a la fase d'ocupació 5, contemplant-se la presència significativa de *Canis familiaris* i tortuga i la presència puntual de llop, guineu, felins, lepóridos i aus (Saña, 1999). La manca d'homogeneïtat en les pautes de selecció del sexe i edat dels individus sacrificats constitueix una evidència de la utilització flexible i no especialitzada dels recursos locals, tot i que cal esmentar un sacrifici majoritari d'exemplars mascles d'edat superior als dos anys per als bovins, d'exemplars juvenils i femelles adultes per gasela, individus juvenils en el cas dels suids i de cèrvids adults. En base a aquestes dades pot plantejar-se que l'estratègia de caça seguida no seria totalment oportunista sinó que, almenys per als bovins i suids, l'estratègia es dirigiria principalment cap a l'obtenció d'individus juvenils. El domini d'exemplars juvenils i de femelles per gasela podria estar indicant igualment una pràctica estacional d'aquesta activitat sobre els ramats de femelles i cries juvenils.

En aquest sentit, per exemple, cal esmentar que s'ha documentat a la fase d'ocupació cinc el predomini alternatiu de les associacions *Capra* / suids i bovins / gasela / cèrvids / èquids (Saña 1999). Aquest fet evidenciarà l'explotació diferencial d'aquests dos grups d'espècies a nivell temporal. Mentre que a intervals concrets (dels quals és impossible, de moment, precisar la seva

durada) es privilegiaria el sacrifici d'animals adquirits a partir de l'activitat ramadera complementat per la caça puntual de suïds, en altres intervals temporals l'estratègia practicada es basaria en l'adquisició de recursos animals de manera exclusiva a partir de l'activitat de caça. Si bé pot plantejar-se una complementarietat entre l'activitat de caça i la ramadera, la constatació efectuada anteriorment permet plantejar la possibilitat que tal complementarietat no fos estrictament simultània sinó que estigués jerarquitzada d'acord amb la dimensió temporal. El mode d'adquisició practicat durant aquest interval temporal contempla la pràctica d'una estratègia mixta articulada al voltant de la ramaderia de cabra, amb una major importància relativa de l'activitat de caça en relació a la quantitat d'aliment potencialment subministrat. El tipus de ramaderia practicada se centraria en la cria de ramats de cabres, documentant una manera d'explotació dirigit a l'obtenció de carn i potencialment també de llet. L'àmplia diversitat d'espècies explotades a partir de l'activitat de caça podria estar condicionada per l'interès en mantenir una certa estabilitat dels ritmes reproductius dels ramats de cabres, d'acord amb les variacions estacionals i necessitats i disponibilitats de la comunitat.

Un fet significatiu es que l'adopció de l'ovella domèstica durant fase d'ocupació 8. El tipus de gestió animal practicada durant l'interval temporal per al qual es documenta l'adopció de l'ovella domèstica es basa en la combinació de d'activitats ramaderes i de caça, amb una explotació diversificada dels recursos disponibles en l'entorn de l'assentament, registrant, no obstant això, un major èmfasi sobre el sacrifici de gaseles. L'estratègia de caça es dirigeix principalment sobre exemplars juvenils de gasela, suïds i cèrvids i individus principalment adults per al cas dels bovins. Es continuen explotant, encara que de forma molt puntual, els recursos de talla petita (guineu, felins, lepòrids, aus i tortuga). Cal ressaltar com a fet significatiu el descens registrat en la quantitat d'aliment potencialment subministrat pels recursos salvatges i, de manera concreta, pels bovins. El tipus de ramaderia practicada és essencialment ovina i l'explotació ramadera està orientat principalment cap a l'obtenció de producte carni. Podem suposar, per tant, que el factor de pes entorn del qual s'articulen les estratègies de gestió dels recursos animals consisteix en l'activitat ramadera, si bé la quantitat de biomassa potencialment subministrada per ovelles i cabres reproduïdes sota condicions artificials no supera el 15 % del producte alimentari potencialment obtingut amb l'explotació dels recursos animals. A partir de la fase d'ocupació 9 es pot plantejar, en base a criteris biomètrics, que els bovins estan sotmesos a condicions artificials de cria. El sacrifici majoritari de femelles adultes documentat per a aquest interval temporal pot estar influent en el major grau de variabilitat registrat per a la població sacrificada. La gestió documentada per a aquest interval temporal es basa en la pràctica d'una estratègia mixta que combina l'activitat ramadera i la de caça, constatant com a fet significatiu el predomini de Ovis sobre Capra. Els percentatges relativament superiors de Ovis registrats des de la fase d'ocupació setembre serien probablement a conseqüència de l'estabilització a la ramaderia d'aquest recurs. L'explotació ramadera es dirigeix prioritàriament a la reproducció dels ramats (no es sacrifiquen els individus en edat reproductiva) i a l'obtenció de producte carni (sacrifici majoritari d'individus mascles entre 1 i 2 anys), tot i que es documenta també la presència puntual d'exemplars adults de més de 6 anys. L'estratègia de caça practicada se centra igualment en l'explotació dels recursos disponibles en l'entorn de l'assentament, registrant un lleuger augment en l'explotació del binomi suïds / èquids en detriment dels cèrvids, bovins i gasela. Els patrons de sacrifici documentats evidencien un

major interès en l'obtenció d'individus d'edat juvenil, tot i que per a totes les espècies s'observa també la presència d'individus adults. Les úniques espècies de mida petita explotades, encara que de forma molt puntual, són el gos, guineu, lepòrids i tortuga, si bé cal afegir que l'espectre d'espècies explotades s'amplia durant aquest interval temporal a cabirol (0.2%) i teixó (0.1 %), espècies no registrades fins al moment. Es documenta igualment per a la fase d'ocupació 11 la presència de restes de gos (3.7%) amb traces de processament. En relació a la quantitat de biomassa potencialment subministrada cal destacar únicament un augment del grau de contribució a la mateixa dels èquids, juntament als ovicaprins, amb la particularitat que la quantitat de biomassa potencialment subministrada pels bovins experimenta un descens significatiu.

L'increment progressiu en el sacrifici d'ovins, l'explotació potencial de les produccions derivades i l'estabilització dels percentatges de *Ovis* respecte a *Capra* evidencien una explotació eficaç d'aquests recursos. No obstant això, no podem ignorar el component elevat en recursos salvatges (particularment gasela) en l'estratègia practicada.

A partir de la fase d'ocupació 16 es constata ja, de forma clara, el paper principal de la ramaderia d'ovins en l'estratègia d'adquisició practicada. Els recursos explotats a partir de l'activitat de caça continuen disminuint de forma progressiva, fins pràcticament desaparèixer. La caça d'èquids, suïds i gasela ha passat a ser una activitat que podem caracteritzar com de puntual, no contemplant l'explotació dels cèrvids. La reducció de l'espectre d'espècies animals explotades queda evidenciat igualment per l'absència de petits carnívors, lepòrids, felins, aus i tortuga. Tot i que el tipus de ramaderia practicada és essencialment bovina, doncs aquests són els principals subministradors de producte carni, l'èmfasi sobre el sacrifici d'ovicaprins, especialment d'ovella, evidencia la importància relativa dels ramats d'ovella i cabra en el marc de l'estratègia general. Cal destacar, en aquest sentit, la baixa contribució relativa dels suïds al subministrament de biomassa. Si bé la manera d'explotació practicat contínuament primant l'obtenció de carn, l'elevat grau de variabilitat que presenta l'interval d'edat documentat per als ovicaprins (de 6 mesos a 6 anys, amb sacrifici majoritari de mascles de 2 a 4 anys i també de més de 6 anys) evidencia la potencial explotació de les produccions derivades.

Les mostres analitzades en la tesi provenen de les diferents Fases d'Ocupació distingides en el jaciment i estan representades les diferents fases cronològiques distingides. Tanmateix són els períodes (i per tant les fases d'ocupació) més antigues les que tenen una major i millor representació. Així els horitzons PPNB mitjà, recent i Pre Halaf (des del primer quart del VIII a finals del VII mil·lenni). L'horitzó Halaf té una menor representació i això farà que els resultats siguin menys representatius. Les restes òssies analitzades van estar recuperades, documentades i enregistrades en el moment de l'excavació de manera rigorosa. De manera general provenen dels nivells d'acumulació de restes domèstiques ubicades sobretot en els espais exteriors de les cases.

### 3.4. La neolitització a l'extrem occidental de la mediterrània

Els canvis econòmics, socials i tecnològics que tenen lloc en el conegut com a procés de neolitització tenen unes realitats arqueològiques desiguals a la zona del Mediterrani. Més, concretament, aspectes com la domesticació animal o vegetal han estat objecte d'estudi des de la diversitat regional (Barker 2005 i 2006, Barnett, W.K. 2000, Malone 2015).

De manera general les línies de recerca actual sobre el procés de la neolitització al Mediterrani Occidental està orientades al coneixement d'un fenomen complex en el qual el registre i el debat a orientat cap a processos de difusió i/o aculturació descartant les possibilitats de fenòmens de neolitització autòctona. Per la regió del Nord-est però gairebé per totes les àrees del Mediterrani Occidental, l'augment de la precisió de la recerca en àmbits com la cronologia, els estudis tecnològics sobretot en ceràmica i en matèries lítiques tallades estan posant de manifest una complexitat material que fa que a més dels desenvolupaments locals es plantegin una interrelació molt significativa entre les diferents regions.

Recentment bona part d'aquesta recerca s'ha centrat en la caracterització del medi ambient, el paisatge i les seqüències estratigràfiques per tal de respondre a les dinàmiques de consum, gestió i producció de plantes i animals autòctons participants en el procés de domesticació. La reconstrucció de la dieta i la transformació dels productes secundaris, els estudis isotòpics, el paper del pastoralisme de l'ovella i cabra o dels productes secundaris combina amb les evidències d'assentaments, tecnologia (lítica, ceràmica etc.) i les seqüències radiomètriques que cada cop esdevenen més curtes, indicant processos d'acceleració o alentiment desiguals.

Més concretament, el Llevant Mediterrani de la Península Ibèrica esdevé un exemple de l'assentament de comunitats de darrers caçadors- recol·lectors i grups mesolítics que aprofiten les zones costeres on en contextos de VI mil·lenni cal BC es proposa la implementació d'un model dual d'implantació de comunitats agrícoles i ramaderes (Bernabeu 2002, Zilhao 2000) amb un patró d'assentament mòbil i on la majoria d'evidències arqueològiques provenen de contextos en cova.

Els estudis que tracten els aspectes de domesticació animal, des dels anys 90 del segle XX, recomplien evidències de l'existència d'un model de gestió ramader consolidat, en ovella i cabra, i amb un increment de la presència de bovins i porcs, des del primer neolític (Molist et al. 2003). Amb un aprofitament extensiu d'aquest animals tant per carrega com tracció, entre altres (Helmer et al. 2018, Sierra et al. 2019). Més concretament, entre el 5.600 i el 3.000 cal BC les dinàmiques d'aquestes comunitats s'incrementen, tant per les evidències deixades en el registre material com per l'increment en el nombre d'assentament o espais de freqüentació. Serà a través de l'anàlisi dels conjunts de l'assentament a l'aire lliure de la Draga, a la vora del llac de Banyoles, per els període del Neolític antic i de la cova de les Pixarelles, situada al tram mitjà de la vall del Ter, pel neolític mitjà que s'abordarà aquesta problemàtica.



### *3.4.1. El neolític antic i mitjà a Catalunya*

En l'estat actual del coneixement es considera que a partir de mitjans del VI mil·lenni cal BC es troben ja les primeres evidències de grups de agricultors - ramaders a Catalunya. Gràcies a els estudis més recents proposen l'existència d'un horitzó de neolític antic, en el qual es situarien les fases del Neolític Antic Cardial Antic, que aniria des del 5700/5600 al 5000 cal aC. aproximadament l'Epicardial entre el 5000 i el 4500. La darrera fase tradicional denominat Neolític Antic Postcardial o Neolític antic evolucionat actualment està ubicada al següent horitzó.

Les característiques del Neolític antic han estat definides per l'existència de diversos registres materials, entre ells la ceràmica. Aquesta innovació, ben documentada al mediterrani occidental presenta unes tipologies i acabats decorats, tipus impressa dins de llocs que contenen les dates més primerenques del neolític (Bernabeu 2009, Oms 2014). Si bé hi ha poques evidències sobre aquesta possible etapa pionera avui dia, el desenvolupament de la decoració ceràmica entorn el 5.600 i el 5000 cal BC va definir el que es coneix com a neolític antic cardial. Aquestes primeres comunitats de pageses i agricultors, assentades en diversos nínxols ecològics es troben disperses pel territori, prop de zones fèrtils i dels principals cursos fluvials. La tipologia dels assentaments és diversa, es documenta ocupació en cova, com a refugi per a ramats o espais d'enterrament secundaris (Cova Bonica, Can Sadurní, Cova Foradada, etc.) si bé es considera l'assentament a l'aire lliure amb evidències de cabanes i tancaments per als ramats amb edificis primaris i secundaris com a àrees preferencials d'ocupació (Guixeres de Vilobí, la Draga, el Barranc d'en Fabra, Caserna de Sant Pau del Camp) i l'obertura de clarianes forestals per a desenvolupar tant la pràctica de l'agricultura com la ramaderia, amb evidències de desforestació i crema ocasionals.

Les evidències arqueològiques en forma de jaciments formats per conjunts d'estructures negatives a mode d'estructures d'emmagatzematge ha portat a proposar que la gestió l'excident i l'emmagatzematge d'aliments és una constant en les dinàmiques d'aquests primers grups, evidenciant una gestió intensiva dels espais de conreu.

Aquestes comunitats mostren també la seva inclusió en xarxes d'intercanvi de tipus local i supra-local o extens. Aquest ben documentat a través dels productes lítics, com és el cas del jaspi de Montjuic o de quars blanc i altres tipus de sílex; però també a través de la circulació de la malacofauna, tant per ser consumida, com principalment com a matèria primera per a la producció de collarets i altres objectes d'ornament, entre altres.

Les estratègies de subsistència d'aquests grups semblen indicar un aprofitament extens dels recursos, com són els procedents de la caça i la pesca, però sobretot de les espècies domesticades.

L'inici del V mil·lenni aC al nord-est de la Península Ibèrica mostra importants canvis en el registre arqueològic d'aquests grups. Per un costat, uns canvis en la producció ceràmica que s'han vinculat a una davallada d'aquests grups cardials. L'ús d'impressions en malacofauna dentada, disminueix fins a desaparèixer, incrementant-se una producció ceràmica de majors dimensions i on la decoració, formada principalment per aplicació plàstica a cordó esdevé

predominant. Així doncs al segon quart del cinquè mil·lenni les impressions havien desaparegut pràcticament i l'ús d'aplicacions impreses. Moment considerat de transició a l'horitzó l'epicardial. Aquesta tercera fase dins el neolític antic es situa tant a les zones constaneres com a l'interior del nord-est peninsular, i es considera un fenomen d'implantació d'aquestes petites comunitats arreu del territori. També és conegut per ser un indicador de l'arribada de l'agricultura i del pastoralisme a zones més interiors (Mestres, 1991).

El neolític mitjà del Nord-est Peninsular ha estat tradicionalment caracteritzat amb les manifestacions del Sepulcres de Fossa i per tan amb una cronologia vinculada al IV mil·lenni, ubicant les manifestacions del V<sup>o</sup> en el denominat Neolític Antic postcardial o Evolucionat. Aquesta terminologia encara en ús en alguns treballs va perdent vigència i cada vegada es considera de manera més unànime que les manifestacions de la segona meitat del V<sup>o</sup> mil·lenni de Catalunya, constitueixen sociològicament i arqueològicament una transició cap a un neolític mitjà) o ja una etapa d'aquest, considerant aquest gran horitzó com la fase de consolidació de les formacions agropecuàries. Actualment tant pel registre de datacions absolutes com pels materials arqueològics, es diferencien dos horitzons dins del que es considera Neolític Mitjà, horitzó que començaria entorn del 4500 a. C. finalitzant o desdibuixant-se entorn de la meitat de l'IV mil·lenni a. C.

Un primer moment, denominat neolític antic evolucionat i/o "postcardial" que es pot integrar com la fase del neolític mig inicial, està considerat per alguns com un horitzó de transició entre el Neolític Antic i el Mitjà es localitza principalment en la part més septentrional (facies ceràmica Montboló) en el pla de la zona central catalana i àrees pròximes (facies ceràmica Molinot) i finalment en la desembocadura de l'Ebre (facies ceràmica Ebre). El segon moment, Neolític Mig Ple, per considerar-se la fase de desenvolupament que millor caracteritza el període, ja diferenciada clarament del Neolític Antic, estaria centrat en la primera meitat de l'IV mil·lenni aC. Es caracteritza per la cultura dels "sepulcres de fossa" englobaria les manifestacions sobretot funeràries que li donen nom i s'ha localitzat sobretot en jaciments del pla de Barcelona i comarques del Vallés, les de la zona de Solsona i Pirineu i finalment serien contemporànies de les manifestacions megalítiques de la part septentrional.

Així, entre el 4.000 i 3.400 cal BC es documenta al nord-est de la península ibèrica un increment del registre arqueològic, centrat principalment en evidències en cova i aire lliure, on les restes funeràries mostren una variabilitat tipològica important (Muñoz 1965). Aquest moment, tradicionalment adscrit al Neolític mitjà s'ha associat a l'increment en el nombre d'assentaments associats a una explotació agrícola més intensiva en les zones ecològiques més favorables a aquesta pràctica (Ribé 1996). Aquesta activitat tant agrícola com ramadera hauria portat una certa concentració demogràfica en jaciments ben coneguts com Ca n'Isaach, Bòbila Madurell etc. (Martín 1985, Molist 1992, Tarrús coord. 2017, Plasencia 2016).

En aquests jaciments del nord-est la presència de restes de fauna és principalment domèstica. Amb un predomini d'ovicaprins, principalment ovella per als moments inicials i una complementarietat amb altres espècies en funció de la situació geogràfica i paleoambiental de cada nínxol ecològic (Rubio 1988, Molist et al. 1995). A partir dels anàlisis realitzats per Saña (Saña 1998, 2009, 2013) els animals més explotats són els bòvids (*Bos Taurus*) i els ovis (ovicaprins).

i els suïds (*Sus domesticus*), si bé la caça, de tipus residual, és encara ben present, així com l'explotació d'altres recursos de tipus marí i fluvial. Aquesta dinàmica, associada a una concentració de població i una certa sedentarització també ha estat ben documentada en el Chasseen, grup cronocultural del midi francès (Vaquer 1986). Una breu síntesi dels elements compartits entre les dues àrees geogràfiques foren publicats per Molist et al. 2016. Cal tenir present però que el concepte de ramaderia com un producte més que forma part de la xarxa d'intercanvi i circulació de productes en aquest moment de neolític mitjà ha estat proposat en algunes ocasions (Saña 1998, Martín 2009).

Si bé, les ocupacions en cova i abric són ben presents, és consideren menors i aquestes mostren una dinàmica d'ocupació molt diversa, com es veurà en el jaciment de Cova de les Pixarelles, emplaçada a la vall mitja del riu Ter.

### *3.4.2. La vall mitja del riu Ter: estat de la qüestió*

La presència d'evidències arqueològiques d'època prehistòrica a la vall mitjana del Ter és ben coneguda tant per la presència de materials recollits per diversos afeccionats com per els primerencs projectes de recerca desenvolupats al llarg del segle XX i segle XX. Com és prou conegut des d'època antiga, el riu Ter, com un dels rius més cabalosos de Catalunya, ha estat un dels recursos hídrics més importants del nord-est de la península ibèrica. El seu paper doncs com a eix de comunicacions i la presència d'un relleu important i un paisatge específic van permetre que en el curs mitjà del riu, en el moment que s'orienta vers l'est, s'hi concentrés un important nombre d'hàbitats prehistòrics. En relació a aquesta recerca, el present apartat es centra en les evidències de la vall de Sau i altiplans del Cabrerès, on es situa el jaciment objecte d'estudi (La Cova de les Pixarelles).

Juntament amb troballes aïlles i notícies orals, la majoria de les primeres evidències d'ocupació neolítica, i de prehistòria recent en general provenen de les primeres excavacions arqueològiques que permetre situar antigues troballes de materials en coves i altres indrets de la zona. Durant es dècades dels anys '50 i '60 com és el cas de la Cova de les Grioterres (Vilanova de Sau) o el sepulcre megalític de Can Tafura (Tavertet) al 1963.

Als anys 70 del segle XX que s'inicia l'excavació i estudi dels jaciments de la Vall de Sau com són l'Abric del Castell, el Cingle Vermell i el Roc del Migdia (Estevez, Vila 1992) que perduraren fins a finals de segle XX de forma més o menys intermitent.

A la mateixa dècada dels '70, concretament al 1973, els senyors J. Castany i M. Cassany van donar notícia de la presència de troballes arqueològiques a la Cova de les Pixarelles a Tavertet. L'any següent l'Institut d'Arqueologia hi realitzà la primera campanya d'excavació. Aquesta fou represa al 1983 sota la direcció de la Dra. Anna Maria Rauret, professora de la Universitat de Barcelona (Rauret 1987), convertint-se en un projecte de recerca consolidat fins ben entrat els anys 90 del segle XX i recentment reprès (veure infra).

A inicis dels anys 80 es reprengueren les excavacions a la Cova de les Grioterres (Vilanova de Sau) sota la direcció de Josep Castany (Castany 1981, 1982a i 1982b) i a la Cova de Can Feló

arran de les notícies d'espoli que havia sofert el jaciment (Molist, Cruells 1982). L'any següent, i en el context de localització i excavació de la necròpolis d'incineració de Coll s'Avenc per part de M. Molist, W. Cruells i Dolors Buxó (Molist, Cruells, Buxó 1986) s'inicià un pla de recerca arqueològica a l'àrea de Tavertet que va permetre localitzar diversos jaciments d'hàbitat com el Pla del Castell, Roca Llarga, Balma de la Font Nova, Pla de la Barraca, espais d'ús funerari com els sepulcres megalítics de Collet de Rajols i la Rambla. I al mateix temps el projecte va permetre documentar amb metodologia científica els sepulcres del Padró, Font de la Vena i la Rambla (Molist, Cruells, Castells 1987).

Per aquesta àrea d'estudi, les primeres ocupacions documentades fins al moment daten del paleolític superior i mesolític ( de 35.000 a 7.000 anys), que proven la presència de grups caçadors i recol·lectors a la Vall de Sau a partir dels 16.000 anys, amb jaciments com ara els que es troben a prop de Vilanova de Sau: *L'abric del Castell* -16.000 anys, *El Roc del Migdia* -11.500 anys i el jaciment del *Cingle Vermell* -9.760 anys. Es tracta d'abrics poc profunds freqüentats de forma esporàdica i estacional on s'hi realitzaven les diverses activitats cinegètiques i de subsistència i on s'ha trobat un cert arranjament de l'espai.

Pel que fa a l'inici de les societats agrícoles, les dades rellevants més antigues sobre els inicis de l'agricultura a Catalunya són força abundants, però disperses al llarg i ample de la geografia catalana. Els primers ramaders i pagesos documentats en aquesta zona freqüenten cavitats i baumes; *Les coves de les Grioterres* (Vilanova de Sau) i *Can Feló* (Tavertet) amb nivells del Neolític antic mig. si bé també ocupen la plana de Vic en jaciments com el de *Savassona* (Tavèrnoles), el Bosc del Quer (Sant Julià de Vilatorrada) (Carlús, de Castro 2014 a i b).

Aquest grup de troballes ens parla de grups d'agricultors i ramaders que ja ocupen el pla i que durant el neolític mig s'identifiquen generalment per la tipologia d'enterrament que realitzen. Les troballes a la cova del Bolet (Vilalleons) i les excavacions al conjunt dels Dolmens de Tavertet posen de manifest la presència d'ocupació humana al llarg del neolític postcardial i mitjà. Juntament amb les restes del neolític final recuperades a les Grioterres, les restes arqueològiques corresponents als finals del III mil·lenni i a la primera meitat del II ens indiquen l'existència d'una sèrie de transformacions importants que es poden sintetitzar en una continuació en el ritual funerari: ens trobem amb sepulcres col·lectius, i al mateix temps que existeix una nova varietat d'eines i recipients, apareixen els primers objectes de metall (Molist, 1984). Així doncs dues formes d'enterrament es mantindran al llarg d'aquest període: d'una banda l'enterrament en cova natural o excavada, i de l'altra l'enterrament en sepulcre megalític. Coves sepulcral les trobem al *turó de Puigcebró* (Roda de Ter) i Cova de les Pixarelles (Tavertet). De sepulcres megalítics destaquen dos conjunts el del *sepulcre de Puigsespedres* (L'Esquirol) ja que presenta una cambra quadrangular amb corredor lateral a *Puig-ses-lloses* (Folgueroles) amb la galeria coberta.

A partir de la meitat del II mil·lenni –en el període (1.500-1.200 aC)- tornem a trobar una important ocupació en coves i abrics i n'és un exemple la vall de Sau. Les més ben conegudes són les coves de les Grioterres (Castany 1995) i de can Feló (Cruells, Molist 1982; Cruells, Molist, Buxó 1989), juntament amb les coves de les Pixarelles (Tavertet) (Rauret 1987, Rauret et al. 1989; Àlvarez, Rauret 1995, 1996; Àlvarez (2001); Àlvarez et al. 2001-2002; Juan-

Tresserres et al. 1996-1997). Es tracta de grups que practiquen ramaderia, l'agricultura i la pràctica de la cacera i on es produeix un augment d'utilització d'eines metàl·liques que juntament amb la presència de vasos de formes noves, de caire exòtic (tasses carenades amb nanses amb apèndix de botó) s'han atribuït a contactes exògens.

### 3.5. Jaciments treballats del mediterrani occidental: La Draga (Banyoles, Pla de l'Estany)

La Draga és un assentament arqueològic datat entre el 5324-4796 cal BC situat al municipi de Banyoles. L'enclavament es troba a 170 m d'alçada sobre el nivell del mar a la riba oriental de l'Estany de Banyoles. L'estany de Banyoles és una formació d'origen càrstic tectònic i representa la massa d'aigua continental més gran de Catalunya. Està ubicat en una zona geològicament deprimida, envoltada pels relleus de la Serralada Transversal i la depressió prelitoral catalana i ocupa les conques fluvials del riu Fluvià al nord i la de l'afluent del riu Ter, el Terri, al sud.

El jaciment ha estat intervingut arqueològicament des del seu descobriment al 1990 durant el procés de les obres d'adequació del llac amb motiu dels Jocs Olímpics de Barcelona. Les primeres intervencions i fins al 2005 foren realitzades per Josep Tarrús, Júlia Chinchilla y Àngel Bosch i finançades pel Museu Arqueològic Comarcal de Banyoles (MACB). Ja des del 1998 les intervencions arqueològiques realitzades al jaciment s'integraren en el marc de diversos projectes de recerca subvencionats per la Generalitat de Catalunya<sup>1</sup> i el Ministerio de Ciencia e Innovación o Economía y competitividad<sup>2</sup>. Els projectes d'investigació han estat dirigits

---

<sup>1</sup> "La Draga i les ocupacions lacustres prehistòriques de l'estany de Banyoles dins del context de l'Europa Occidental (2008-2013)"; "La Draga en el procés de neolitització del nord-est peninsular" (2014/100822); "La Draga en el procés de neolitització del nord-est peninsular. IP Antonio Palomo (MAC)" (Navarrete, 2017)

<sup>2</sup> "Ocupaciones lacustres y gestión de recursos en las primeras sociedades agrícola-ganaderas del NE peninsular: Tecnología de las producciones materiales y usos instrumentales" (HAR2009-13494-C02-01); "Estrategias agroforestales y ganaderas" (HAR2009-13494-C02-02); "Organización social de las primeras comunidades agrícola-ganaderas a partir del espacio doméstico: Elementos estructurales y áreas de producción y consumo de bienes" (HAR2012-38838-C02-01); "Arquitectura en madera y áreas de procesado y consumo de alimentos" (HAR2012-38838-C02-02; Producciones, variabilidad técnica e innovación tecnológica en el Neolítico. IP Xavier Terradas (CSIC) (HAR2016-76534-C2-2-R); Simulación computacional de fenómenos históricos de cambio social y tecnológico durante el neolítico (HAR2016-76534-C2-4-R) (Navarrete 2017)

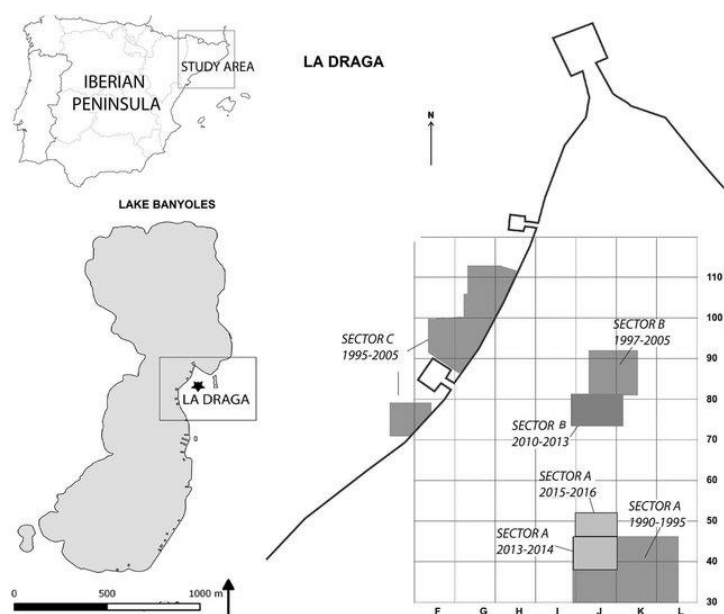
alternativament per un equip d'investigadors interdisciplinars, Josep Tarrús, Àngel Bosch y Júlia Chinchilla (MACB), Raquel Piqué y Maria Saña (UAB), Xavier Terradas (CSICIMF), Ramón Buxó (MAC) y Antoni Palomo (UAB-CSIC-Arqueolític).

Es tracta d'un assentament a l'aire lliure, amb una superfície estimada de 15000 m<sup>2</sup>, dels quals se n'han excavat 959 m<sup>2</sup> (Bosch et al. 2000, 2011, Berihuete-Azorín 2018).

La seva proximitat a l'Estany de Banyoles és la causa de que una bona part del jaciment es trobi sota l'aigua del lloc o en nivells freàtics, fet que ha contribuït significativament a la bona preservació de les restes materials orgàniques de l'assentament. El jaciment està dividit en diverses àrees d'interès. La zona A se situa a la part més alta del jaciment i es caracteritza per trobar-se parcialment per sobre dels nivells freàtics i, per tant, el material orgànic no s'hi conserva en els nivells més recents. Els sectors B i D corresponen als sectors situats en els nivells

freàtics, mentre que la zona C s'ubica sota l'aigua.

A partir de tècniques constructives utilitzades al jaciment s'ha proposat la existència de dues fases d'ocupació. La més antiga, caracteritzada per l'ús de la fusta en les construccions, ha estat datada per radiocarboni d'entre el 5324 cal BC-4977 cal BC, i la més recent, caracteritzada per l'ús de lloses de travertí en la construcció, s'ha pogut datar d'entre el 5210 cal BC-4796 cal BC. Tot i això, les anàlisis dendrocronològiques realitzades per Patrick Gassman indiquen que l'ocupació del jaciment seria inferior



**Figura 4 Ubicació de l'assentament de la Draga i àrees intervengudes fins al 2016. Font: López-Bultó i Piqué 2018.**

als 100 anys (Tarrús 2008) i cap aspecte de la cultura material (Bosch et al. 2011, Palomo et al 2014) fa pensar en un període d'abandonament del jaciment entre aquests dos moments.

Els primers estudis palinològics practicats a l'Estany de Banyoles (Pérez-Obiol, 1994) van permetre caracteritzar l'evolució del paisatge que envoltava la Draga. Abans de l'arribada dels pobladors de la Draga, el paisatge que envoltava l'Estany estava caracteritzat per la presència de roure (*Quercus sp.*) i avellaner (*Corylus avellana*) amb l'expansió de l'abet (*Abies sp.*) cap a cotes més baixes en dates posteriors a causa de la baixada de temperatura. Aquesta mateixa composició queda reflectida en les mostres recollides al jaciment, on es documentà també la presència de pi (*Pinus sp.*), alzines (*Quercus ilex*), til·lers (*Tilia sp.*), auró (*Acer, sp.*) i ginebre (cf. *Juniperus sp.*) pel que fa a la vegetació arbòria, brucs (cf. *Erica*), boix (*Buxus cf. sempervirens*), Cistàcies i espinacs (*Rhamnus sp.*) pel que fa a la vegetació arbustiva. D'altra banda, la massa d'aigua del llac afavorí també la proliferació de vegetació de ribera, entre la que es pogué documentar, a més de l'avellaner ja mencionat, freixes (*Fraxinus sp.*), oms (*Ulmus*

*sp.*), vern (*Alnus cf. glutinosa*), àlber (*Populus sp.*), salzes (*Salix sp.*), saüc (*Sambucus sp.*) i vinyes (*Vitis cf. vinifera*). En el moment de formació del jaciment un bosc dens (85.3% de pol·len arbori) i de fulla caduca ocuparia bona part del territori adjacent al jaciment (Burjachs 2000, Revelles 2017)

Pel que fa a l'explotació d'aquests boscos, destaca l'ús del roure (*Quercus sp.*) ben representat en els jaciments del neolític inicial com la Bauma del Serrat del Pont (Obea et al. 2011; Piqué, 2000, 2005) o Cova del Frare (Ros i Vernet, 1987), situats a baixa alçada. Aquesta espècie, juntament amb el llorer (*Laurus nobilis*) s'explotaren de forma intensa com a material combustible (Caruso i Piqué 2014). L'efecte d'aquesta activitat ha quedat enregistrat en les anàlisis de pol·len fetes a l'estany, on es pot apreciar una reducció dràstica del pol·len de roure coincidint amb l'ocupació del jaciment (Burjachs 2000, Revelles 2017). Les activitats desenvolupades al jaciment van provocar, molt probablement, aquesta desforestació, que a la vegada hauria afavorit l'arribada d'una espècie colonitzadora com és el boix (*Box sempervirens*) (Piqué et al. 2018), que durant la segona fase del jaciment s'integra entre les espècies explotades com a combustible (Caruso i Piqué 2014).

En aquest sentit, les estratègies d'aprovisionament desenvolupades al jaciment, entre les que inclouríem, a més del combustible, també la fusta per a la construcció i fabricació d'eines (Piqué 2000; Bosch et al. 2006; Caruso i Piqué 2014), l'argila utilitzada per fabricar ceràmica (Clou et al. 2000), o les roques utilitzades en les construccions i la fabricació d'algunes eines (Terradas et al. 2012) es desenvoluparen principalment a una distància màxima de c. 10 km, si bé també s'evidencia l'aprovisionament en punts més llunyans o, directament, forans (Palomo 2013). Les àrees d'aprovisionament de la Draga s'estenien cap a les formacions rocoses del Pirineus orientals, uns 70 km al nord, o les muntanyes de les Guilleries i les Gavarres, a uns 40 km de distància, per tal d'obtenir material lític, i fins a la línia de costa, també a uns 40 km de distància, per a obtenir productes d'origen marí, tant per al seu consum com per a la fabricació d'ornaments (Clemente i Cuenca 2011).

L'aprofitament dels recursos a la Draga evidencia un coneixement profund del seu entorn, així com el desenvolupament d'estratègies organitzatives i de planificació complexes que els permetien enfocar les estratègies a objectius concrets, com l'obtenció de recursos poc comuns o ben valorats com el pi el teix, utilitzat en la fabricació de l'arc documentat l'any 2012.

Els habitants de la Draga haurien practicat un model d'agricultura intensiva mixta (Antolín et al. 2014) explotant sobretot, ordi (*Hordeum distichum*), blat dur i tendre (*Triticum durum*; *Triticum aestivum*), pisana (*Triticum dicoccum*), espelta petita (*Triticum monococcum*) un nou tipus de blat (*Triticum sp.*) i cascall (*Papaver somniferum*) en petits camps permanents. L'explotació agrícola aniria, probablement, de la mà de l'explotació ramadera, deixant el rostoll per al consum dels animals i facilitar l'aprofitament dels fems per fertilitzar els camps (Antolín et al. 2014). Es documenten també evidències de la cria dels animals a l'interior, tant per la presència d'individus joves com per la presència de paràsits (Maicher et al 2017).

### 3.5.1 Gestió animal la Draga

Al jaciment de la Draga, l'economia de subsistència va implicar l'explotació de les quatre principals espècies animals domèstiques (*Ovis aries*, *Capra hircus*, *Sus domesticus* i *Bos taurus*) i d'espècies d'animals salvatges, entre elles mamífers, peixos, aus i mol·luscos (Saña, 2011, 2013, Navarrete i Saña, 2013, Navarrete, 2017). Actualment, s'han recuperat i analitzat 24.793 restes de fauna (1991-2018). S'ha documentat l'explotació de com a mínim 51 espècies animals diferents, entre elles 46 salvatges (3% de les restes recuperades) i 5 domèstiques (97% de les restes recuperades), aquestes últimes són les que subministren major quantitat de producte animal (Saña, 2011, 2013, Navarrete i Saña, 2013, Navarrete, 2017).

La pesca i la recol·lecció van subministrar aliment i matèries primeres per a la fabricació d'eines i ornaments. Els peixos consumits eren bàsicament la bagra, el barb de muntanya i l'anguila (Antolín et al. 2017). D'aus, en canvi, se'n varen consumir una major diversitat d'espècies: morell xocolater, morell d'ulls grocs, perdiu, guatlla maresa, fotja, becada, colom i tudó (Petit, 2013). Aquests ocells es podien consumir rostits directament al foc o tallats i cuits en recipients ceràmics (Antolín et al. 2017). Tot i que la Draga es troba aproximadament a trenta-cinc quilòmetres de la costa, també s'hi han recuperat restes de mol·luscs marins que corresponen a un mínim de 125 individus. Les espècies més abundants són el musclo, l'ostra vermella i el petxinot (Verdún et al. 2018). Hi ha evidències que s'aprofitava també la closca de les tortugues (*Emys orbicularis*), segurament com a recipient o contenidor (Saña, 2011).

Els mamífers van ser el recurs salvatge que més quantitat subministrava. Les espècies caçades més sovint eren l'ur, el cérvol, el porc senglar, el cabirol i la cabra salvatge (Saña, 2011, 2013, Navarrete i Saña, 2013, Navarrete, 2017). També s'ha documentat el conill i petits carnívors com el teixó, la guilla, la marta i el gat salvatge, espècies de les quals s'han recuperat un nombre reduït de restes i que eren explotades segurament per a l'obtenció de pells. Els requeriments ambientals de les diverses espècies d'animals salvatges demostren que els ambients freqüentats eren molt diversos i que s'aprofitaven els recursos des de l'entorn lacustre i les àrees més boscoses o escarpades de muntanyes més altes fins al litoral (Antolín et al. 2017, Navarrete, 2017, Navarrete et al. 2019).

La gestió animal desenvolupada a l'assentament de la Draga es va centrar de forma prioritària en l'activitat ramadera. Es tracta d'una ramaderia mixta dirigida a explotar de forma integrada les diferents produccions animals, prioritzant principalment la producció de carn. Els estudis arqueozoològics realitzats fins al moment han permès resseguir amb detall els diferents processos de treball implicats en aquest procés productiu, contemplant des de la cria i manteniment dels ramats, la selecció dels exemplars destinats al consum i processat, fins al posterior tractament de l'aliment obtingut pel seu consum. Els resultats obtinguts evidencien una gestió diferencial de les quatre principals espècies domèstiques explotades (Saña, 2011, 2013, Navarrete i Saña, 2013, Navarrete, 2017, Navarrete i Saña, 2017, Navarrete et al. 2017, Navarrete et al. 2019).

Entre les espècies domèstiques els ovicaprins presenten unes freqüències de representació relativa més elevades (42,8%), amb un lleuger domini de les restes d'*Ovis aries* (20%) en relació a les restes de *Capra hircus* (19%). No obstant, els bovins tindrien un pes molt més



significatiu en termes de subministrament de producte carni (60,6%), seguits del porc domèstic i finalment, les ovelles i les cabres. En base al numero mínim d'exemplars representats es documenta un sacrifici més elevat d'ovelles i cabres en relació als bovins i suïds (Saña, 2011, 2013, Navarrete i Saña, 2013, Navarrete, 2017).

El 95,5% de les restes de suïds recuperades al jaciment de la Draga corresponen a *Sus domesticus*. El criteri en la diferenciació entre la forma salvatge i la domèstica ha estat la talla de l'animal (Saña 2011, Navarrete, 2017). La comparació de la població de suïds del jaciment de la Draga amb jaciments neolítics peninsulars com Reina Amàlia i Caserna de Sant Pau (Barcelona), Cueva de Chaves (Huesca), Cova de l'Or (València) entre altres, mostra la talla relativament reduïda dels exemplars de la Draga, característica indicativa de que la ramaderia de porcs estaria ben consolidada (Saña, 2011, 2013, Navarrete, 2017). Els porcs domèstics tenien una importància econòmica significativa en quant a la producció de carn, amb el domini pràcticament exclusiu d'animals juvenils, sacrificats entorn als 12 mesos de vida (Saña, 2011, Navarrete, 2017). Pel que respecta a *Capra hircus*, una proporció important d'animals es destinaven al consum abans de finalitzar el creixement, amb un percentatge significatiu d'animals sacrificats entre el naixement i els 2 mesos de vida, característica que es pot relacionar amb l'aprofitament de la llet de les femelles (Saña, 2011, 2013, Navarrete i Saña, 2013, Navarrete, 2017, Navarrete et al. 2019). Aquesta explotació seria complementària a la càrnia, amb un màxim de sacrificis concentrats entre els 12 i 24 mesos. A partir d'aquesta edat els animals es mantindrien, probablement femelles destinades a la producció de llet (Saña 2011). La producció ramadera dels bovins es caracteritza per un elevat sacrifici d'animals d'edat infantil i juvenil, documentant-se la mort significativa d'animals de menys de 3 mesos d'edat (21% dels individus identificats). Aquestes morts poden estar relacionades amb causes naturals alienes al consum humà, com a resultat d'una elevada mortalitat infantil per inclemències ambientals, alimentació materna insuficient o per modificacions dels cicles reproductius (Gilis et al. 2014; Navarrete et al. 2019). Altra interpretació per l'elevada mortalitat infantil seria l'explotació dels bovins per producció làctia (Saña, 2011, 2013, Navarrete, 2017). Els bovins sacrificats entre els 18 i 24 mesos de vida estarien destinats principalment al consum de carn. Si bé, aquesta es la pauta dominant del cicle ramader dels bovins, també es documenta el sacrifici complementari d'animals adults de més de tres anys (només un 20% de contribució a la producció càrnia). Aquests sacrificis inclouen animals destinats a la reproducció i a l'explotació de la força de treball (Saña 2011, 2013). Sobre aquest últim punt, es documenta a partir de les paleopatologies òssies que alguns dels animals haurien realitzat sobreesforços regulars, aspecte que es podria relacionar amb la utilització dels bovins com mitja de treball (carrega, transport, treballs agrícoles...) (Tarrus et al. 2006, Bosch et al. 2008, Lladó et al. 2008, Saña, 2011, 2013, Antolín et al. 2014, Navarrete, 2017). Les paleopatologies documentades sobre ossos de *Bos taurus* consisteixen principalment en deformacions òssies (ampliació de la tròclea medial dels metàpodes i *lipping*) i la formació d'excrecències òssies amb diversos graus (exostosis). Aquestes deformacions localitzades principalment a les superfícies articulars serien el resultat de la repetició mecànica d'un moviment de tensió sobre els ossos distals de les extremitats (Antolín et al. 2014). Igual que bous, cabres i porcs, les ovelles es criaven majoritàriament per la producció de carn. El fet que

d'aquesta espècie es documenti una presència important d'animals de més de quatre anys planteja la possibilitat de l'explotació de les fibres (Saña 2011, 2013, Navarrete, 2017).

Tal i com queda reflectit en els estudis arqueozoològics (Saña, 2011, 2013, Navarrete i Saña, 2013, Navarrete, 2017), la carn era la producció que es prioritzava en l'explotació ramadera del jaciment de la Draga. El interval d'edat amb els percentatges de representació més elevats per a tots els taxons es de 12 a 24 mesos (*Bos taurus* = 37,1%; *Capra hircus* = 32%; *Ovis aries*= 41,1%; *Sus domesticus* = 32,2%), moment en el que han assolit l'òptim ramader en termes d'explotació càrnia. Aquest fet demostra que l'estratègia ramadera implementada integra de forma efectiva els cicles productius i reproductius de tots els taxons explotats, orientant de forma simultània part dels efectius dels ramats cap a altres produccions i usos alternatius al consum. L'estratègia ramadera de la Draga demostra com a inicis de l'Holocè la ramaderia hauria estat integrada ràpidament al sistema econòmic (Saña 2011, Navarrete, 2017, Navarrete et al. 2019). Aquest fet, va suposar el control artificial dels ritmes de producció i reproducció dels animals i l'apropiació continuada de les generacions successives d'animals reproduïts en captivitat (Navarrete et al. 2019). La cria d'animals domèstics va suposar canvis substancials en els processos de treball i la seva organització, contribuint a modificar els hàbits alimentaris (Navarrete et al. 2017, Navarrete et al. 2019). En aquest sentit, el sistema agrícola intensiu hauria implicat una estreta integració entre ramaderia i agricultura, en el sentit de que els subproductes o part del producte del treball agrícola podria haver estat destinada a l'alimentació del ramat, el qual també hauria proporcionat adob per fertilitzar les petites parcel·les de terreny agrícola (Bogaard, 2005; Antolín et al. 2014).

### 3.6. Jaciments treballats al mediterrani occidental: La Cova de les Pixarelles (Tavertet, Osona)

La cova de les Pixarelles es localitza en un paratge que pertany al terme municipal de Tavertet (Osona), just en el límit entre les subcomarques del Cabrerès i de les Guilleries. La cova s'ubica la vall mitja del riu Ter, en un punt de contacte entre diferents unitats morfoestructurals del relleu del Nord-Est de Catalunya: a l'extrem sud de la Serralada Transversal Catalana, en el seu punt de contacte amb la Serralada Prelitoral (Guilleries), molt a prop de la Depressió Prelitoral, via de sortida natural del riu Ter fins que aquest desguassa al mar. La vall del riu forma un corredor natural que permet passar de les planes interiors d'Osona a les gironines. La vall del riu forma un corredor natural que permet passar de les planes interiors d'Osona a les gironines. S'hi accedeix per la carretera local BV-5207, que comunica Sta. Maria del Corcó amb Tavertet. Al quilòmetre 8 hi ha un petit replà de terra i a continuació, per un estret corriol es baixa cap a la part mitjana de la Cinglera a on i després d'un curt recorregut pel peu del cingle s'arriba a les boques. Les boques de la cova s'obren al cingle de les Balmes, una paret rocosa calcària d'uns 70 m de caiguda vertical. De fet les dues vessants de la riera de Balà tenen una orografia abrupta amb una vessant dreta de la riera de Balà presenta una orografia força abrupta amb una seqüència esglaonada de pronunciats penya-segats que culminen en una plataforma superior plana. El darrer d'aquests desnivell té una alçada mitja, entre la base de la cinglera i el cim pla, d'uns 100 m (cota inferior 625m i cota superior 725 msnm). El paisatge natural de la zona s'emmarca en el Collsacabra, una àrea geogràfica que té una extensió de 142 Km<sup>2</sup>. Es situa en



**Figura 5 Vista aèrea de l'entrada a la Cova de les Pixarelles, Tavertet. Font: Grampo**

l'extrem oest de la comarca d'Osona, i el seu territori inclou també part del territori de les comarques de la Garrotxa i de la Selva. Hi pertanyen, a més de Tavertet, tres termes municipals: Rupit i Pruit i l'Esquirol. Els altiplans del Cabreres es troben en el punt de transició entre les planes fluvials del tram mig del riu Ter pel Sud i les muntanyes de Cabrera (1.306 m d'altitud) i el Pla d'Aiats que fan de barrera natural pel Nord. El relleu és abrupte, amb importants diferències de desnivell. No hi ha cap curs fluvial que travessi aquest paisatge de Nord a Sud, les dues grans valls que faciliten aquest trànsit, que voregen, a la vegada que delimiten el territori, són, per la banda de la Garrotxa, les conques del riu Brugent i del Fluvià i de la vall del Llierca, per l'Oest, per Osona, el riu Ter, que connecta amb les muntanyes del Ripollès. Aquests espais de muntanyes mitges van ser zones d'aprofitament ramader durant l'estiu, en un moment

en que les valls més baixes les pastures, per la calor i la sobreexplotació, ja s'havien esgotat. El clima dominant es el submediterrani, característic de la muntanya mitjana catalana, amb estius una mica més freds i humits que a la zona mediterrània estricta. Els hiverns poden ser força freds, amb una temperatura mitjana al mes de gener de 3°. La pluviositat és força elevada al llarg de l'any, sobre tot a l'estiu. El període més sec és l'hivern. La presència actual de diferents comunitats vegetals està molt marcada per l'acció de l'home. Aquesta seria la causa de la presència actual de boscos joves de pi roig (*Pinussylvestris*), substituint generalment a la tradicional roureda. Sobre sols fortament carbonatats, la vegetació de la conca està dominada per l'alzinar muntanyenc, amb rouredes residuals i una gran presència de boix, donat el caràcter calcícola d'aquesta espècie. L'alzina (*Quercusilex*) domina les parts més baixes i més assolades de la vessant Oest.

A nivell etimològic també es interessant destacar que el nom Pixarelles s'ha fet servir a Catalunya com a sobrenom de la Mort per a espantar als nens, donat que el propi nom era tabú pel perill que comportava només pronunciar-lo (Amades, 1957, 260): Altres accepcions de Pixarelles serien la de vi de baixa qualitat o la de licor molt aigualit. L'actual equip de recerca es decanta més pel fet de que es un nom, potser modern, que fa referència al constant degoteig d'aigua a l'interior de la cavitat (Alvarez 2001).

### 3.6.1. Historia de la recerca.

La cova va ser ocupada per grups de població humana al llarg de tota la Prehistòria recent. Les ocupacions s'estendrien per tota la cavitat arribant a les dues grans boques de la cova, que estan orientades cap a l'est, a la vessant dreta de la riera de Balà, un afluent del riu Ter. El jaciment ja es coneix als anys seixanta, i les primeres intervencions conegudes daten de començaments dels anys setanta. Llavors ja es va poder determinar la seva ocupació al llarg de l'edat del

Bronze. Després d'uns anys d'inactivitat, la Universitat de Barcelona als anys vuitanta va reprendre els treballs. Al llarg de quatre campanyes es va poder determinar la seqüència de la cova, amb tres ocupacions al llarg de l'edat del Bronze i una nova fase corresponent al neolític final.

El potencial arqueològic de la cova o coves de les Pixarelles, també conegudes com coves de Balà, ja era conegut als anys seixanta. Les dues boques són ben visibles i fàcilment localitzables. Es troben al peu de la cinglera que és a la vegada l'únic camí de circulació al llarg de la banda dreta de la vall de Sau. El Sr. Jordi Sanglas, erudit i aficionat local, es va interessar per aquest i d'altres jaciments dels voltants de Tavertet. Al llarg dels anys va recollir materials arqueològics de diferents punts. Aquesta referència al valor arqueològic dels jaciments de la zona apareix en publicacions locals, com a la revista Cingles, i a petites guies d'interès pel coneixement i la difusió de l'entorn natural i cultural de la zona.

A començaments dels seixanta es té coneixement de la realització d'un primer sondeig portat a terme pel senyor Eduard Clos a l'entrada de la cavitat. A finals dels seixanta és reiteradament visitada pels aficionats de Vic i Manlleu, agrupats al voltant del Museu Episcopal de Vic (Srs. Martí Cassany, Eduard Clos i Josep Castany, entre d'altres). Cap als anys 1973-1974 van intervenir arqueològicament, sense cap mena de planificació -igual que van fer a d'altres jaciments de la comarca i de comarques properes-, amb la intenció de corroborar l'interès i el valor del jaciment i d'obtenir materials per les col·leccions del Museu. Aquest grup va obrir en extensió i en profunditat tot el sector B (desconeixem l'estat d'afectació previ a la seva intervenció). Ni d'aquest ni de les possibles intervencions anteriors es conserva cap tipus d'informació, ni escrita ni gràfica. Part de les restes trobades, les més significatives i millor conservades, formen part de les col·leccions del MEV. Destaca entremig d'elles un vas ceràmic carenat d'apèndix bífid i les conegudes peces d'or, d'ambre i de bronze. Una part del material ceràmic va quedar dipositat a l'Institut de Prehistòria i Arqueologia de la Universitat de Barcelona. Aquestes troballes van despertar l'interès del Dr. Maluquer de Motes i de la Dra. Anna Maria Muñoz qui van encarregar a la Dra Anna M. Rauretuna primera campanya a la cova. L'excavació la va portar a terme M. Encarnació Sanahuja i van participar, entre d'altres, M. Dolors Molas i Arturo Pérez Almoguera). Es van plantejar un seguit de sondejors, un al límit entre el sector A i el B i l'altre, que es va abandonar al poc d'obrir-lo, al sector A, tot tocant a la paret Nord. Amb aquestes petites cales es pretenia documentar una seqüència estratigràfica en la que poder encabir els materials obtinguts pels aficionats de Vic.

No va ser fins la primera meitat dels anys vuitanta del segle que la Universitat de Barcelona va reprendre les excavacions programades. A partir de llavors es van portar a terme un seguit de campanyes dirigides per la Dra. Anna Maria Rauret i Dalmau. En una primera campanya (1983) es va intervenir al sector A. Malauradament es va trobar una seqüència molt alterada i poc concloent. Totes les evidències arqueològiques es van trobar molt alterades, algun fragment informe de ceràmica, localitzat en petites bossades de terra argilosa, molt probablement en posició secundària, juntament amb petits carbons i minúsculs fragments de restes de fauna. La neteja exhaustiva es va haver de repetir de forma intensa a la del 1984. Llavors es va haver d'evacuar una gran quantitat de sediment amb forta concentració de carbons i cendra, així com de restes de fauna i ceràmica. Després de la campanya del 1985 va quedar a la vista la seqüència

estratigràfica que abraça des d'època històrica al neolític final. Aquell mateix any es va procedir a instal·lar una reixa metàl·lica de protecció amb la que quedava separada la zona excavada de la resta de la cova. Aquesta reixa va ser parcialment forçada i la cova va ser novament afectada per intervencions no autoritzades.

Es va destruir tota l'estratigrafia que havia quedat al descobert a l'any 1985. El terra va quedar novament cobert de sediment força cendrós barrejat amb abundant material arqueològic i que es trobava escampat per tot el sector B. La campanya de 1988 va ser la darrera fins al present. Un cop comprovada la seqüència fins al bronze Antic, es procedí a obrir al sector B per tal de determinar la continuïtat d'aquesta. El darrer nivell arqueològic documentat fins la present campanya correspon llavors al Neolític Final-Veracià.

L'any 2014 es van iniciar els treballs de recerca que continuen en l'actualitat i ens quals s'emmarca la recerca efectuada en aquesta tesi doctoral. En efecte des d'aquest any desenvolupa el projecte de recerca titulat "*Caracterització del procés d'implantació de les comunitats agrícoles prehistòriques als altiplans de la vall mitjana del riu Ter* (Expedient 2014/100619)" continuat amb el projecte "CLT009/18/00028. Rius, assentaments i mineria prehistòrica: recerca a les valls del Ter, Ebre i Gavà. projectes quadriennals de recerca en matèria d'arqueologia i paleontologia. que ha permès la represa de les excavacions als jaciments de la Cova de les Pixarelles i del Pla del Castell, ambdós situats a Tavertet, Osona i l'estudi interdisciplinari de les ocupacions del període neolític, edat del Bronze i Ferro en aquesta àrea. Novament, després d'anys d'inactivitat arqueològica, a l'any 2015 es reprenen novament les excavacions a iniciativa del Departament de Prehistòria de la Universitat Autònoma de Barcelona, amb la col·laboració del Departament de Prehistòria i Arqueologia de la Universitat de Barcelona. Al llarg de les tres campanyes portades fins ara s'ha constatat la continuïtat de la seqüència arqueològica amb dos nous moments d'ocupació, tots dos de cronologia neolítica. Al llarg dels anys 16 i 17 els treballs s'han centrat en l'excavació del nivell XXII, un paquet d'argiles cendrós amb abundants restes de fauna i de ceràmica.

### 3.6.2. *La seqüència estratigràfica establerta.*

La ocupació de la cova és extensa. Amb ocupació d'època històrica, edat del Broze i neolític final i mitjà. A grans trets s'ha documentat una seqüència de nivells estratigràfics que els arqueòlegs directors resumeixen en:

- Un nivell superficial format per una capa de carbonat càlcic molt cristal·litzada i endurida, amb poc material arqueològic.
- Un nivell polsós, d'argiles de color gris on es van recuperar tres minúscules monedes de bronze identificades com a divisors romans tardans. Aquestes monedes apareixien associades a ceràmiques oxidades fetes a torn així com a fragments de ceràmiques culinàries fetes a torn lent, amb vora exvasades, fons arrodonit i coccio reductora. Durant la posterior excavació es van poder diferenciar tres finíssims nivells d'argiles grises que, a partir dels pocs i gens significatius fragments ceràmics apareguts, vam datar en l'Alta Edat Mitja, l'altre en un imprecís moment romà tardà i un tercer que podria correspondre a un moment romà republicà, cal dir que els dos darrers amb molts dubtes (Álvarez 2000).

- Els tres nivells d'ocupació següents, de major entitat que els anteriors, correspondrien a tres moments de l'edat del Bronze: un correspon al bronze Final-Camps d'Urnes i els dos nivells següents al Bronze Ple (una ocupació anterior als camps d'urnes i una altra, més antiga, atribuïble a inicis del Bronze Antic postcampaniforme). Aquests nivells són els més afectats per les excavacions antigues..

- Nivell XVI: excavat entre el 1985 i 1988, i recuperat al 2014, amb tres recipients ceràmics propis del Neolític final- veracià (Alvarez, Rauret, 1996), dos bols de carena alta i un recipient globular amb les característiques llengüetes verticals superposades formant fileres. Aquests materials encara no permeten definir cronologies més precises, així com tampoc podem establir datacions radiocarbòniques precises ja que les conegudes s'estenen al llarg de tot el tercer mil·lenni cal BC.

- Nivell XVII: Estrat de travertins laminars amb finíssims nivells d'argila plàstica intercalats. A la zona de contacte entre travertins i argiles apareix una finíssima capa de terra de color marró-vermellós fosc, possiblement una superfície d'oxidació característica de les formacions càrstiques. Les superfícies presenten micro-ondulacions, també conegudes com "microgours", que forma un petit cabdal d'aigua carregada de calcita sobre pendents suaus. Arqueològicament és estèril.

- Nivell XVIII: Nivell grisenc de textura argilosa, humit, molt plàstic, compacte i amb inclusions de micro-clastes en forma de petitíssimes partícules sorrenques així com minúscules escates de travertí laminar, despreses i arrossegades per l'aigua en moviment. Juntament amb el nivell XVIII és l'únic que ha proporcionat restes arqueològiques. Associats a un seguit de lloses planes de calcària sorrenca aparegueren abundants fragments de fauna. Es van identificar i diferenciar dues concentracions, a mode de taques, de terra més fosca, d'aspecte cendrós, encara que sense carbons visibles. Coincideixen amb dos dels punts més enfonsats del nivell, el què fa sospitar que no es tracti de restes de combustió en posició primària sinó que pogués tractar-se d'acumulacions de cendres provinents d'altres punts de la cova. Tot el contrari, també podria tractar-se d'una o dues llars de combustió de poca entitat fortament alterades per l'erosió que va dispersar totes les possibles restes de combustible. El registre arqueològic, possiblement d'origen antròpic, es limita, ara per ara, a la troballa de 33 fragments de restes òssies, corresponents totes elles a un mateix individu de porc jove, determinació realitzada per R. Alcàntara (Álvarez 2019).

- Nivell XIX: Nivell de toves calcàries de tipologia laminar, de color beix clar, compactes i ben estratificades, estèrils.

- Nivell XX: Novament un nivell d'argiles, humides, compactes i molt plàstiques. Els diferencia dels nivells superiors de característiques similar pel seu color gris una mica més fosc. És un estrat de potència variable, comprés entre 1 i 5 cm de gruix, a la part més fonda. Analitzant la seqüència queda clar com són aquests nivells de sediment exclusivament argilós els què faciliten la regularització de les superfícies que acaben sent quasi horitzontals.

-Nivell XXI: Seguint la regularitat de la seqüència, apareix un nou sòl format per toves calcàries, de característiques idèntiques a la resta. Es tracta de toves laminars, poc compactes. El seu escàs gruix fa que de vegades quedi al descobert el nivell d'argiles immediatament inferior. A diferència de la resta, aquí s'ha format un gour, amb una paret o dic més elevat que delimita una cubeta plena. Tocant a la cubeta s'ha conservat una petita protuberància cònica



que correspon a un principi d'estalagmita i que ens fa pensar que aquesta superfície va quedar al descobert un llarg període de temps.

### 3.6.3. La seqüència estratigràfica estudiada. Característiques del nivell XXII.

L'estrat d'on procedeix el conjunt de fauna estudiat s'ha numerat com a nivell XXII i correspon a un nivell d'argiles grises molt alterat per la presència de restes orgàniques, formades per petits carbons i abundants cendres.

El nivell presenta canvis de tonalitat que van del gris clar, quasi blanquinós, al gris fosc, quasi negre. Aquest sediment, amb una potència estratigràfica que varia dels 30 als 40 cm, es documenta de forma homogènia per tota la superfície del sondeig. En el decurs de l'excavació es van poder diferenciar dues taques que ocupaven l'espai central del sondeig (O 16-17). Una



**Figura 6** Procès d'excavació del sondeig realitzat al nivell XXII entre els anys 2016 i 2019. S'observa la composició cendrosa del sediment i l'elevada concentració de restes de fauna. *Font: Grampo*

d'elles presenta un clapejat amb petites taques de color blanquinós, el seu límit és difús. La segona també és una taca de color marronós i amb partícules sorrenques en superfície, de matriu rugosa al tacte. Amb moltes reserves es va plantejar la possibilitat de que pogués tractar-se d'una zona aïllada de combustió sense estructura. Un cop analitzades les evidències pensem que podria tractar-se més d'un terra endurit per l'ús freqüent, probablement d'una zona d'activitat (Álvarez 2019).

També cal ressaltar el fet de que l'elevat nivell d'humitat del sediment feia difícil l'extracció dels fragments materials, aquests formats principalment per material ceràmic (uns 300 fragments, lític tallat, restes orgàniques i restes de fauna).

A part de les restes de fauna recuperades (veure infra) en la campanya del 2016 va aparèixer l'únic element fabricat sobre matèria dura animal, es tracta d'un punxó fabricat fent servir com a matriu la meitat d'un metàpode de Bos. La classificació respon a criteris únicament funcionals encara que en el context en que va aparèixer amb tota seguretat es tracta d'un objecte de caràcter utilitari que es va fer servir com a estri punxant a la cadena productiva dels habitants de la cova. La seva forma apuntada fa pensar que es va concebre per la perforació de materials tous, com per exemple la pell.

Per morfologia i mides no és un objecte estrany als conjunts de cronologies semblants trobats a Catalunya. Conserva part de la epífisi a la part distal i un extrem actiu apuntat. La cadena operativa és relativament fàcil de seguir: s'obté per percussió, fracturant la diàfisi en sentit longitudinal, i deixant a la vista una part del canal medullar.

La manifestació més evident de la tècnica de regularització de les superfícies és la presència d'estries longitudinals, paral·leles i poc marcades. L'objecte es regularitza per abrasió, fregant l'objecte sobre un suport lític abrasiu que deixa sobre la superfície grups d'estries paral·leles. Els laterals trencats són força regulars encara que no mostren senyals de transformació, aquí el treball d'abrasió és parcial. Només s'actua de forma massiva sobre l'extrem actiu. Amplies facetes d'erosió a la Cara dorsal i cara palmar, aquí la direcció de les marques d'abrasió és obliqua en relació a l'eix longitudinal de la peça. El desgast de les superfícies per l'ús continuat de l'objecte no amaga les estries de fabricació que encara son ben visibles. L'extrem actiu no és del tot apuntat sinó lleugerament arrodonit, el que fa pensar que podria no tractar-se d'un punxó convencional.

També podria tractar-se d'un estri amortitzat i reaprofitat com a agulla pels cabells o per subjectar peces de roba. Es un tipus d'objecte força comú en contextos funeraris (Álvarez 2019). Associat a aquesta estratigrafia, entre els quadres O i P 17 hi ha un aflorament natural de calcita estalagmítica molt endurida que ha estat diferenciat com a E.XXIII. Aparentment no té significació arqueològica. En els quadres excavats (N 17 i 18 i mig O 17 i 18), un cop eliminat tot el sediment corresponent a E. XXII va quedar al descobert una colada estalagmítica de superfície regularment ondulada. El color superficial és blanc ivori, encara que el nivell cendrós l'ha ennegrit i li ha donat una tonalitat grisenca.

Amb posterioritat a l'abandonament de tot aquest nivell, la zona va quedar ràpidament segellada per successives capes de carbonat càlcic. Encara que també és probable que l'abandonament es produís a causa de la immediata inundació del lloc, cosa que faria aquest espai impracticable.

Aquesta ocupació, formada pel nivell XXII, es considera de tipus estacional i lligada a la ramaderia de temporada, s'ha pogut datar a inicis del neolític mitjà. Tant per la presència de material ceràmic amb una datació relativa ben emplaçada en el moment de neolític mig com per les datacions radiomètriques obtingudes. Aquests treballs s'han pogut portar a terme en el marc del projecte de les subvencions quatre anuals de la Generalitat de Catalunya i permeten evidenciar la complexitat en les estratègies d'assentament i ocupació dels primers pagesos ramaders consolidats, en un punt privilegiat del territori com és la vall mitja del riu Ter.

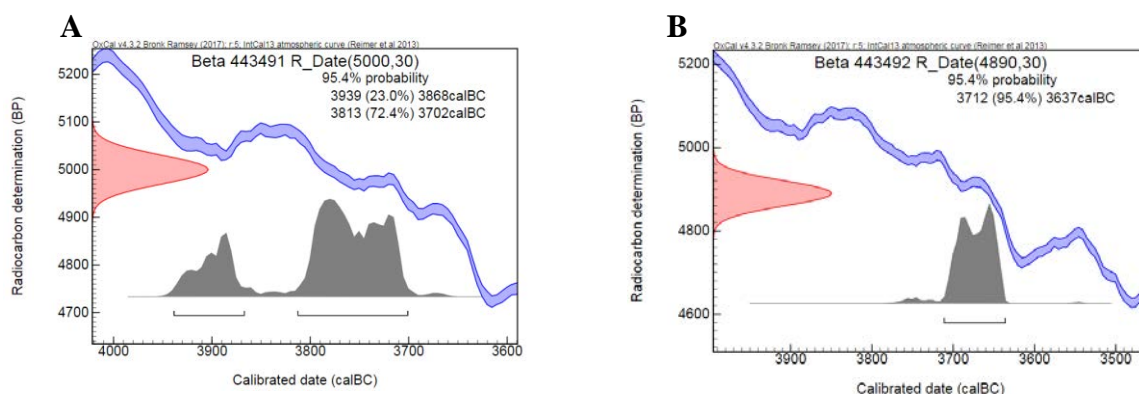
Com s'ha exposat en aquest apartat, la seqüència estratigràfica total de Pixarelles és força complexa i ve marcada per moments d'ocupació i d'abandonament. Els nivells no apareixen



alterats per les ocupacions posteriors i per tant no hi ha contaminacions ni alteracions posteriors. A nivell edafològic només podem valorar l'acció de l'erosió deguda a la circulació hídrica i eòlica de poca magnitud.

### 3.6.4. Aproximació a les datacions radiomètriques del nivell XXII

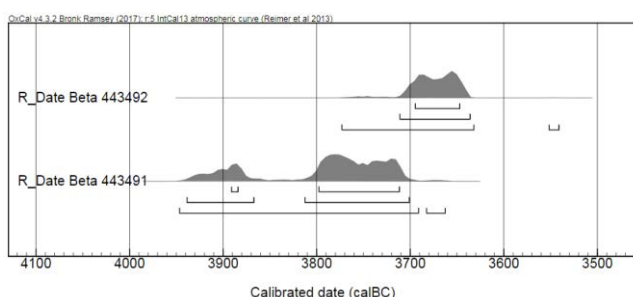
En el darrer projecte de recerca 2014/100619 Caracterització del procés d'implantació de les comunitats agrícoles prehistòriques als altiplans de la vall mitjana del riu Ter. IP. Miquel Molist es van portar a terme diverses datacions radiomètriques realitzades sobre os d'animal procedent del nivell analitzat en el present treball.



**Figura 7** Resultats de les datacions radiocarbòniques. **A** Beta 443491.- Mostra PIX 16-XXII-96 (Fragments de costella de Bos) 5000 +/-30 BP (cal 3930 to 3875 ane). Es va datar un fragment de costella de Bos PIX-16-96 DE 12,59 Gr procedent de la ue. XXII. **B** Beta 443492.- Mostra PIX 16-XXII-561 (Fragments de costella de Bos) 4890 +/-30 BP (cal 3705 to 3640 ane) Es va datar un fragment de costella de Bos PIX-16-561 DE 38,34Gr procedent de la ue. XXII

Ambdós restes faunístiques provenen del mateix estrat que destaca per l'abundant presència de fauna i restes carbonitzades (veure supra). El mostreig va tenir per objectiu datar aquest nou nivell estratigràfic en dos punts, un associat a coordinats situats a la part superior del nivell i un altre en els més inferiors.

Les mostres foren classificades i estudiades al laboratori d'Arqueozoologia de la UAB, sota la direcció de Maria Saña i l'estudi va anar a càrrec de Roger Alcàntara. Aquests materials foren enviats al Laboratori Beta Analytic i s'ha calibrat amb el programa OxCal utilitzant la corba de calibració IntCal 13 (Reimer et al. 2013).



Ambdues datacions s'insereixen entre el 3900 i el 3639 cal BC moment ben adscrit al període cronocultural adscrit al neolític mitjà ple, ben caracteritzat pel nord-est peninsular.

**Figura 8** Intervals de variació de les datacions obtingudes per a la Cova de les Pixarelles.

### 3.6.5 Gestió animal a la Cova de les Pixarelles

L'estudi de la gestió i explotació animal a la cova de les Pixarelles conforma una part dels treballs desenvolupats en aquest tesi, i es presenten els resultats de l'estudi en profunditat de la població de bous de Pixarelles en l'apart 5.4.

Fins al moment, s'ha analitzat poc més d'una tercera part (NRA=456) de les restes arqueozoològiques recuperades del jaciment. L'estudi de les restes va permetre evidenciar un ramat mixte format per una població eminentment domèstica, composta per *Bos taurus*, *Ovis aries*, *Capra hircus* i *Sus* sp. Una de les característiques més destacades d'aquest jaciment és la gran quantitat de restes de bou documentades, fet que ha motivat el seu estudi en profunditat i la caracterització de la seva mobilitat per aquest treball. En tot cas l'explotació animal implementada a la Cova de les Pixarelles sembla indicar un aprofitament intensiu de la carn. La implementació d'aquest estratègia d'explotació del ramat es fonamenta, a Pixarelles en el sacrifici majoritari dels animals en edat subadulta o adulta (en el moment en el que el retorn productiu respecte la inversió de treball en el seu manteniment és més alt) amb algun exemplar que sobreviuria poc més enllà d'aquest moment. Addicionalment, si bé l'estat de conservació i preservació del jaciment es podria considerar d'excel·lent, els fragments d'os recuperats presenten un elevat grau de fragmentació dirigida a l'extracció de la mèdulla òssia. Aquest estratègia, que es manifesta de forma més clara en el cas dels bous a causa del major nombre de restes, s'evidencia de forma similar per a les quatre espècies documentades al jaciment. Si ens fixem en el Número mínim d'individus identificats la proporció de bous al conjunt baixa fins a un 53,8 % (7 de d'un total de 13 individus diferents identificats) de la població, un valor igualment molt elevat. Els bous documentats presenten un nombre considerable de patologies que s'ha volgut relacionar amb un patró de mobilitat intens lligat a la muntanya, qüestió que s'analitza amb major detall en l'apartat corresponent.

## 4. MÈTODE. ARQUEOZOOLOGIA, DOMESTICACIÓ ANIMAL I PRACTIQUES RAMADERES INICIALS

### 4.1. L'arqueozoologia com a disciplina científica

L'arqueozoologia és la disciplina que s'encarrega d'estudiar les relacions entre humans i animals en el passat a partir de les restes de fauna que es recuperen als jaciments arqueològics. En el marc de l'Arqueozoologia es treballa des de diferents perspectives teòriques, segons siguin els paradigmes que guien la recerca. Al tractar-se d'una disciplina eminentment transversal, l'Arqueozoologia s'exerceix des de diferents formacions científiques, estant implicats professionals d'Arqueologia, Història, Antropologia, Veterinària, Biologia, Paleontologia. Darrerament, amb la profusió d'estudis paleomol·leculars, s'han accentuat també les aproximacions que es realitzen des de la química o bioquímica.

Es per això que es fa difícil a vegades definir que és l'arqueozoologia. El debat implícit es pot copsar tant sols observant els diferents termes que s'utilitzen per anomenar aquesta disciplina. Reitz i Wing (1999) ho recullen de forma detallada al manual titulat *Zooarchaeology*. Etnozoologia, Paleoetnozologia, Osteoarqueologia o, fins i tot, Bioarqueologia, son alguns dels termes que s'utilitzen. En aquesta sentit, és important tenir en compte la rellevància que una nomenclatura o altra donen a determinats aspectes implicats en la pràctica arqueozoològica. En relació a l'etnozologia, el component etnològic destaca el punt de vista èmic, més que l'ètic (Alves et al. 2018), perspectiva difícilment assumible des del context material dels jaciments arqueològics, encara que ho traslladem a una paleoetnozologia. El terme osteoarqueologia, tal com el planteja Uerpmann (1973) "estudi d'ossos animals de jaciments arqueològics per a la seva contribució en la historia econòmica i cultural", podríem considerar-lo adequat per a les característiques concretes d'aquest treball, tenint en compte que aquest autor dona importància a la reconstitució històrica a partir de les restes de fauna. De la mateixa manera, el terme bioarqueologia apel·la de forma més clara a totes les restes d'origen biològic, humanes, animals o vegetals (Branch et al 2005; Wilkinson i Stevens 2003). Els termes arqueozoologia i zooarqueologia son els més àmpliament emprats. Ambdós fan referència a la part animal ("zoo") i a la part arqueològica ("arqueo") de la disciplina i, en certa manera, també és un qüestió de tradicions acadèmiques. En general, zooarqueologia posa l'èmfasi en naturalesa biològica de les restes animals, mentre que l'arqueozoologia destaca, en canvi, la vessant humana o social. En conjunt, ambdues perspectives s'aboquen al mateix objectiu, que és l'estudi de les restes de fauna amb el propòsit de generar coneixement sobre el medi, la societats i les seves interaccions en el passat. La elecció d'un terme o altre és una qüestió de posicionament teòric, segons l'accent recaigui més sobre la historia i evolució animal o de les formacions socials. En tot cas, en aquesta tesi es parteix de la base de que els animals són, més enllà d'un ésser viu, l'objecte de l'explotació humana. L'estudi dels animals (a través de les seves restes) com a elements vius condicionats pel medi natural en el que viuen i com a part integrant de les societats humanes i els medis antropitzats ens permeten incidir en àmbits molt diversos de la vida humana. Amb quins animals interactuen els grups humans i perquè? De quina manera es produeix aquesta interacció? Com es gestiona aquesta relació entre els humans i la resta d'animals?

Així com els humans ens hem procurat una adaptació tecnològica al medi natural per poder superar les dificultats adaptatives pròpies de la nostra espècie en ambients 'hostils', la resta d'animals es troben més limitats per les condicions mediambientals (climàtiques, ecològiques) en les quals s'han adaptat i especialitzat. Evidentment, les capacitats d'adaptació de les diferents espècies són altament variables i la major adequació d'una àrea no és un impediment per a la supervivència de determinades espècies en ambients menys òptims. En tot cas, val a dir que els animals difícilment abandonaran els medis on les condicions són òptimes per a la seva supervivència sense que hi hagi un canvi substancial en detriment d'aquestes condicions. La idea de nínxol ecològic parteix d'aquesta idea de condicions òptimes i és una eina essencial per obtenir dades paleoclimàtiques i paleoecològiques. En aquest sentit, animals com els porcs senglars, amb una capacitat adaptativa desmesurada, donen poca informació respecte als llocs que habiten. En canvi, la presència o absència d'espècies altament especialitzades en medis específics o especialment sensibles als canvis ecològics són bons indicadors de les condicions ecològiques i ambientals.

L'estudi de les restes de fauna arqueològiques permet doncs apropar-nos a un ampli ventall d'aspectes del passat. No només es circumscriu a la dinàmica econòmica i social, sinó també a tots aquells aspectes que tenen a veure amb les condicions ambientals que influeixen en la vida dels essers vius. És en base a aquesta premissa que des de l'arqueozoologia es treballa en diferents camps d'estudi que engloben des de la paleoecologia i paleoclima fins el coneixement de les relacions polítiques i ideologia de les societats passades, passant per la paleoeconomia, relacions socials, dieta, religió, evolució de les espècies animals. Entre les línies de recerca vigents a l'actualitat, cal destacar:

#### *4.1.1. Paleoecologia i medi*

Evidenciar la presència d'unes determinades espècies animals en un espai-temps concret permet a vegades reconstituir les característiques del medi necessàries per a la seva supervivència (clima, vegetació, topografia...). L'anàlisi de seqüències arqueològiques temporalment àmplies permet establir les característiques paleoecològiques i paleoclimàtiques i avaluar els seus successius canvis. Cal diferenciar per això entre aquelles restes d'animals incorporades de manera natural al registre arqueològic de les restes d'animals resultat de l'activitat humana. Entre les primeres son corrents restes de rosegadors, de cargols terrestres i de mamífers cavadors. En aquest cas, si s'han dipositat contemporàniament a l'ocupació humana, es podran utilitzar a mode de bioindicadors i, en funció de les característiques de l'espècie, fins i tot com a indicadors biocronològics. En el segon cas, al tractar-se de restes descartades o abandonades de manera intencionada per part d'agents socials, més que la variabilitat ambiental el que representen son les necessitats i disponibilitats de formacions socials corresponents.

La recerca arqueozoològica permet establir la dinàmica de les diferents espècies animals en els ecosistemes del passat, posant de relleu els canvis que han experimentat les diferents poblacions d'animals al llarg de la història. A un nivell més concret, proporciona dades també per saber com eren els animals, com han canviat i quines han estat les causes possibles d'aquests canvis (Grayson, 2001). La integració, en el marc de la recerca arqueozoològica, de la dinàmica natural

i històrica i l'estudi de processos a llarg terme constitueixen instruments altament eficaços quan es tracta de prendre decisions sobre la gestió de la fauna actual en els espais naturals protegits. Alguns exemples interessants en aquesta línia són la utilització de les dades arqueozoològiques (conjunts faunístics que van del 6000 al 2200 cal BC) amb l'objectiu de conèixer quin era l'hàbitat original de l'isard als Alps (Suïssa) i així poder contrastar si, després de les successives regressions històriques degudes a la seva sobreexplotació, la seva distribució actual (expansió) correspon a una invasió o a una recuperació de l'hàbitat nadiu (Baumann, Babotai, & Schibler, 2005) o bé la utilització del registre arqueozoològic del sud-est d'Europa del Pleistocè (ara fa entre 60.000 i 12.000 anys) per avaluar els possibles efectes de l'augment de les temperatures previst a l'àrtic sobre les poblacions de rens i caribús (*Rangifer tarandus*) (Grayson & Delpech, 2005). En relació a les pràctiques ramaderes, cal esmentar que han estat una de les activitats que han generat un major impacte en els espais naturals. La necessitat d'adquirir nous camps de pasturatge i de conreu per a la obtenció de recursos destinats a l'alimentació dels ramats domèstics és reflexa, en la majoria de casos, en la desforestació del territori. La presència de diferents indicadors antròpics com són els taxons de plantes conreades, la presència de males herbes, la presència de nivells d'incendis... ens poden aportar informació sobre la obertura de nous camps destinats al conreu o al pasturatge dels ramats domèstics.

L'Arqueozoologia es doncs també un instrument altament eficaç en l'àmbit de la reconstitució ambiental. En aquesta línia, caldrà relacionar les espècies animals presents en una associació faunística amb les seves característiques ecològiques, amb l'objectiu d'inferir a partir d'aquí els ecosistemes predominants a l'entorn d'un assentament o bé explotats des dels assentaments.

#### 4.1.2. Tecnologia

L'explotació de l'animal contempla dues situacions ben diferenciades, segons els animals s'explotin en estat viu o en estat mort. En el primer cas, hi ha varis mitjans tècnics implicats en les pràctiques ramaderes que poden propiciar que aquestes siguin més rendibles o eficients. A la prehistòria, però, són poques les evidències materials representatives d'aquestes tècniques. La ramaderia es basa sobretot en el coneixement del comportament i demografia de les poblacions animals. Només algunes estructures com les relacionades amb l'establució i explotació làctia ens poden informar a aquest nivell. Per a la cacera, en canvi, són més nombrosos els implementes recuperats als jaciments arqueològics que aporten informació sobre les tècniques seguides (puntes de fletxa, arcs, projectils...). És difícil però a partir d'aquests darrers inferir en tots aquells aspectes que requereix l'organització de les pràctiques cinegètiques (caceres a l'atzar, col·lectives, individuals...). Actualment, l'anàlisi funcional i de residus dels implementes lítics permet relacionar més directament els recursos caçats i els mitjans tècnics.

A l'hora de processar l'animal i de preparar l'aliment pel consum es requereixen també tot un seguit d'instrumentes que facilitin l'execució d'aquestes pràctiques. L'estudi sobre la fabricació i la utilització d'eines i recipients ceràmics que estan involucrats durant aquests processos ens pot aportar informació sobre el grau de coneixement tecnològic d'una societat i la tecnologia que tenia al seu abast.

#### *4.1.3. Estratègies econòmiques: ramaderia i cacera*

L'estratègia econòmica practicada per una societat es pot inferir a partir de la composició en espècies del conjunt. L'aproximació més directa es determinar el component salvatge i domèstic de l'associació. A partir d'aquí es pot establir el pes que l'activitat de cacera i l'activitat ramadera han tingut en el proveïment d'aliment d'origen animal. Son diferents però les tècniques cinegètiques i ramaderes que es poden implementar. L'establiment de l'estructura de la població animal sacrificada (composició per edats i sexes d'una població) pot ser útil a l'hora d'identificar les modalitats seguides. D'aquesta manera, una cacera es considera especialitzada quan una espècie animal presenta freqüències superiors al 90% o bé està dirigida sobre animals d'una mateixa i sexe. La identificació de ramaderies especialitzades son efectuar-se en base a les produccions. Normalment es diferencia entre estratègies polivalents (explotacions mixtes) i estratègies encaminades a la producció preferencialment làctia, càrnia o de la llana. Per establir el pes de cada producció cal recórrer a determinar l'estructura de la població animal sacrificada, tenint en compte que cada tipus d'explotació comporta el sacrifici dels animals a una determinada edat. Es pot diferenciar per exemple, en el cas de les ovelles, la producció de carn de la producció de llana en base a que en la primera els animals es destinaran al consum en edat juvenil, mentre que en la segona s'esperarà a que les capacitats productives declinin, característica que sol passar cap als 6-9 anys de vida de l'animal. Per tant, en aquest segon cas, el que dominarà en el conjunt faunístic seran els animals adults o inclús senils. En el cas de l'explotació dels animals com a mitjà de treball, la dinàmica serà la similar.

La sobrerrepresentació o infrarepresentació en el conjunt faunístic d'un determinat interval d'edat o sexe serà representativa per tant dels criteris de selecció seguits a l'hora d'adquirir els animals o de criar-los de cara a obtenir uns productes determinats (carn, llet, llana, força de treball). En el cas de que es tracti de poblacions sense intervenció antròpica directa, el perfil de mortalitat obtingut (catastròfic, atricional) ens informarà igualment sobre les causes de mort de potencials (mort natural, per l'actuació de depredadors, accident, malaltia).

#### *4.1.4. Distribució dels recursos*

La forma en que es distribueixen els recursos alimentaris dins d'una societat és variable, fet que es relaciona amb el tipus d'organització política i econòmica que en aquesta s'hi desenvolupa. Mitjançant l'execució de xarxes d'intercanvis, ofrenes i relacions comercials aquests recursos es distribueixen. Aquesta distribució algunes vegades no es desenvolupa de forma igualitària entre els diferents sectors i/o membres d'una comunitat, sobretot en el cas de les societats complexes. L'especialització productiva i l'estratificació social són alguns dels factors que determinen quin tipus de distribució s'efectuarà tot dependent del valor i les qualitats nutritives que els diferents recursos alimentaris tinguin.

Conèixer les pautes de distribució i accés als recursos i productes animals es possible a partir de l'Arqueozoologia. Aquest estudi es pot articular a varis nivells tenint en compte com es distribueixen els recursos en el si d'una mateixa comunitat o entre comunitats o centres diferents. En el primer cas ho podrem establir a vegades a partir de l'anàlisi de la distribució

espacial de les restes de fauna, comparant la variabilitat que presenten els conjunts faunístics entre diferents unitats (cabanes, cases, espai intern a les vivendes, diferències entre espais col·lectius i espais privats, ...). En el segon cas serà necessari dur a terme un estudi que integri varis assentaments contemporanis que hagin pogut funcionar de manera complementària, diferenciant entre centres productors i centres consumidors. Aquesta darrera operació la podem dur a terme a partir de l'anàlisi de la variabilitat esquelètica i dels patrons de matança dels animals, tenint en compte que en els centres especialitzats en la producció de determinats recursos (carn, llet, llana...) les estratègies ramaderes seguiran pautes molt específiques. L'adquisició d'aliment en mercats també es pot arribar a diferenciar de la producció autònoma tenint en compte la variabilitat esquelètica i les tècniques de processat implementades. Evidentment, la integració i anàlisi conjunta dels altres elements que formen part del registre arqueològic serà bàsica amb aquesta finalitat.

Un dels criteris que s'aplica correntment a l'estudi d'aquesta problemàtica en restes inorgàniques, l'anàlisi de les àrees font, es de més difícil aplicació en el cas de les restes orgàniques. Actualment les anàlisis de morfologia geomètrica, les anàlisis d'isòtops estables i la paleogenètica aporten procediments que poden ser d'utilitat en aquesta línia.

#### *4.1.5. Dieta i consum alimentari*

L'anàlisi de la dieta i del consum alimentari ens aporta informació sobre quin tipus de recursos són utilitzats per alimentar a les persones que formen part d'una comunitat. L'anàlisi arqueozoològica s'orienta amb aquesta finalitat a determinar quines espècies animals componen el conjunt faunístic i quins procediments tècnics i culinaris s'implementaven de cara a la seva transformació en aliment. Les qüestions més correntment abordades des d'aquesta perspectiva es si es seguien o no dietes diversificades o bé centrades en el consum de recursos concrets. Molts estudis tendeixen a establir quan s'han començat a consumir i per tant a processar i modificar algunes espècies determinades. Exemples en aquesta línia són l'adopció dels animals domèstics, orígens de la producció de llet i els seus derivats, indicis d'algunes pràctiques culinàries tals com el bullit. En la majoria d'estudis es tendeix a realitzar una dicotomia entre els recursos salvatges i els domèstics, poques vegades s'efectua una valoració conjunta dels components de la dieta, integrant també les espècies vegetals.

L'estudi dels aliments i sobretot, la manera en que aquests són produïts, distribuïts, processats i consumits ens permet establir quin tipus de relacions socials es desenvolupen durant aquests processos. La variabilitat de recursos consumibles dins d'una mateixa comunitat, o entre comunitats pertanyents a diferents assentaments, ens pot indicar l'existència d'una estratificació social entre els diferents membres que formen part d'aquestes societats. És important doncs, no restringir-nos únicament a descriure quins són els aliments que componen la dieta d'aquestes persones sinó també identificar el paper que aquestes desenvolupen en cadascun d'aquests processos així com quins són els factors que determinen aquest tipus d'organització.

D'altra banda, allò que es consumeix no sempre ve determinat per el seu contingut proteínic. Les possibilitats d'accés als recursos, les preferències alimentaries, la disponibilitat temporals

dels recursos i els tabús alimentaris son, entre d'altres, alguns dels aspectes que podem condicionar el consum i la manera en que es consumeix. És important diferenciar en aquest punt entre consum quotidià, extraordinari, ritual, comunitari i domèstic. Mentre que el consum biològic tendeix a satisfer les necessitats nutricionals, el consum social pot estar orientat a enaltir una sèrie de situacions o persones i pot presentar recurrències en quan als ingredients i actes implicats en la seva preparació i materialització.

D'aquesta manera, a partir de l'anàlisi de les restes de fauna es possible establir com ha anat variant la dieta al llarg del temps i entendre el context en que s'han incorporat a la mateixa nous productes. Anant més enllà, aquests estudis ens aportaran també elements que avaluar el paper que la ingesta d'aliments tenia una societat, superant en algunes ocasions el pla merament subsistencial.

#### *4.1.6. Desigualtat social*

L'estudi de l'accés als recursos animals pot constituir un mitjà a partir del qual identificar situacions de desigualtat social durant la Prehistòria. L'ús i consum de determinats animals o productes animals pot estar restringit a determinats membres o sectors d'una societat. Els animals domèstics constitueixen un mitjà de producció que pot contribuir en determinades situacions a l'acumulació material diferencial. En una comunitat on els ramats es gestionin de manera particularitzada, els èxits i fracassos en la producció ramadera pot ser l'origen de desigualtat. Prèviament al neolític, la practica de determinades modalitats de distribució i repartiment de l'aliment varen contribuir a mitigar aquestes situacions de desigualtat. A partir del moment però en que els animals passen a ser explotats com a mitjà de producció i es te ple control dels seus cicles reproductius aquests poden ser també un mitjà de distinció social. Aquestes situacions son identificables arqueològicament a partir de les restes de fauna dipositades a les sepultures o contactes funeraris a mode d'ofrenes o d'aixovar. La presència/absència de determinades espècies o elements esquelètics esdevé d'aquesta manera un marcador per a inferir d'estatus o paper social de la persona enterrada i el rol que tenia a la societat.

A nivell d'assentament, l'anàlisi d'aquest aspecte requereix dur a terme l'estudi de l'articulació espacial de les restes de fauna i avaluar si es donen o no distribucions diferencials per que fa a les espècies i parts d'esquelet. Amb aquest propòsit es poden classificar aquestes darreres segons el seu contingut en biomassa o aliment, parts que se suposen més riques a efectes d'explotació animal. El tipus d'espècies que s'exploten i la seva diversitat, serveixen també per a l'establiment d'índexs de diferenciació social. Hi ha espècies que requereixen una inversió més elevada en temps i recursos per a la seva adquisició (foranies a l'àrea de captació dels assentaments, espècies exòtiques, ...) i aquestes estan destinades normalment a les élites. La quantitat d'espècies explotades o consumides també pot denotar situacions d'ostentació de riquesa o poder.

Les diferències en la talla dels animals, el sexe, el patró de sacrifici, el tipus d'esquarterament que s'efectua, els mètodes de preparació i cocció dels aliments, constitueixen altres indicadors



que s'han utilitzat a l'hora d'identificar l'existència de desigualtats socials en una comunitat. La majoria d'investigacions han caracteritzat aquests patrons a partir d'estudis etnoarqueològics de societats modernes fet que ha generat tot un seguit d'analogies que han estat aplicades a les societats del passat i que per tant poden distorsionar els resultats d'aquestes investigacions. Hem de tenir present que cada societat atorga i determina el tipus de pràctiques i valors en quan a l'explotació dels recursos animals per tant, haurem d'identificar quines han estat aquestes pautes i quins són els factors que les determinen per poder comprendre millor la seva relació amb l'existència de desigualtats socials en una comunitat.

#### *4.1.7. Gènere*

Són nombroses les investigacions que han tingut com a objectiu la identificació d'activitats diferencials entre homes i dones quan a la producció, distribució, processament i consum dels recursos alimentaris. No obstant, en els darrers anys s'han desenvolupat altres línies de recerca centrades en identificar la variabilitat en el consum d'aliments entre homes i dones, diferenciar els rols masculins i femenins en el processos d'adquisició i preparació dels aliments així com la seva circumscripció en els diferents espais on es desenvolupen aquestes activitats. Aquesta línia d'anàlisi requereix també d'estudis integrats que contemplin la totalitat de variables implicades en la producció i l'anàlisi de l'articulació espacial de les restes de fauna. Sovint es recórrer també a analogies basades en treballs etnoarqueològics.

#### *4.1.8. Ideologia i pràctiques rituals*

Els animals han jugat i juguen un important paper en determinades cerimònies i pràctiques rituals. Durant el transcurs d'aquestes activitats l'animal pot estar present en estat viu, assistint o no al seu sacrifici, mort o bé en forma de matèries primeres i productes. Excepte el primer cas, en la resta de situacions l'abandonament de les restes resultat de les pràctiques (sacrifici, ofrena, banquet) pot portar a la formació de conjunts de restes de fauna amb una composició taxonòmica i anatòmica específica. La seva anàlisi permetrà avaluar el paper jugat per determinades espècies animals, per determinats exemplars o per determinats productes o parts de l'animal en el marc de les pràctiques sociopolítiques.

La vinculació dels animals amb la ideologia i les pràctiques rituals d'una societat és una de les línies d'investigació que en els darrers anys ha captat un major interès per part dels investigadors i investigadores dins de la recerca arqueozoològica. El sacrifici d'animals més enllà dels seu ús econòmic ha servit per justificar i legitimar els canvis polítics i socials en les societats complexes. Segons Kansa i Campbell (2004) existeixen unes variables comuns a l'hora d'identificar si un animal o dipòsit d'ossos ha estat en relació amb alguna pràctica ritual. Algunes d'aquestes variables són: la presència de porcions determinades, el sexe, l'edat de sacrifici, la presència d'animals que normalment són destinats a ser consumits i que en aquest context no ho són o la presència d'animals exòtics.

Es l'estudi del context en aquests casos el que ens pot ajudar a identificar que es tracta d'una pràctica no quotidiana. La quantitat d'aliment consumit en determinades circumstàncies també s'ha relacionat a vegades amb cerimònies col·lectives de caràcter ritual que serveixen per enaltir la posició d'alguns membres de la societat i amb celebracions encaminades a reforçar la cohesió social o vincles polítics.

Un cop sacrificats els animals, aquests es poden destinar completament al consum o bé seleccionar, d'entre els productes potencialment aprofitables per a aquesta finalitat, aquells que compten amb unes característiques determinades, d'acord amb el que estableix (social o políticament) per a la celebració de banquets cerimonials. D'aquesta manera es pot donar el cas que durant la cerimònia es consumeixin o s'utilitzin parts de l'animal desproveïdes de teixits durs (sang, vísceres, llet, pells ...). Només es podrà reconèixer arqueològicament l'ús o consum d'aquelles porcions o matèries la transformació de les quals hagi suposat la producció de residus. Solen predominar en aquestes ocasions les restes de les parts de l'animal amb més potencial alimentari (part superior de les extremitats, tronc). Una altra de les variables a tenir en compte en aquesta línia és la quantitat relativa d'aliment per comensal.

El sacrifici intencional d'animals per consumir durant aquestes cerimònies o banquets rituals es pot dur a terme mitjançant les tècniques i operacions normalment utilitzades per al processament i preparació de l'aliment destinat al consum o bé poden seguir unes pautes específiques, planificades i seqüenciades des del seu inici amb l'objectiu de satisfer, en el cas que n'hi hagués, els cànons establerts per a les pràctiques rituals. És sabut en aquest sentit que en determinades societats el sacrifici i processat ritual dels animals es realitza per mitjà de tècniques i gestos específics, que difereixen substancialment dels implicats en el processament quotidià. En alguns casos s'ha documentat també etnogràficament l'existència de persones especialitzades en la realització d'aquests processos de treball. Entre les diferències més comuns sol contemplar el sacrifici i processat col·lectiu o comunitari (enfront del particularitzat) i la utilització de tècniques de cocció o de preparació de l'aliment per al consum diferents amb l'objectiu de conferir a l'aliment el caràcter específic marcat per la cerimònia.

No totes les restes de fauna són però bones indicadores o representats de tots aquests àmbits o aspectes. Cal tenir en compte la gran diversitat animal i l'elevat nombre d'espècies. En base a la forma de vida d'aquestes espècies, l'Arqueozoologia s'ha dividit també en tota una sèrie d'especialitats que atenen a les especificats que pot comportar l'estudi analític de les restes de fauna. Aquestes "especialitats" contemplen també la mida dels animals i la manera en que els seus ossos poden passar a formar part del registre arqueològic i les condicions i tècniques requerides per a la seva recuperació i registre durant el treball de camp. D'aquí la diferència, per exemple, entre microfauna o macrofauna, o entre arqueoparasitologia, ictiofauna o malacologia. Si bé analíticament l'Arqueozoologia es compartimenta, es necessari en qualsevol estudi integrar posteriorment els resultats amb l'objectiu d'oferir interpretacions no sesgades del passat. L'anàlisi de les restes de fauna es converteix d'aquesta manera en un mitjà per conèixer aquest passat.

Si efectuem un repàs historiogràfic al desenvolupament de la disciplina veurem que la seva consolidació no s'ha produït fins fa relativament poc, si ho comparem per exemple a la tradició

que tenen les anàlisis de restes ceràmiques o lítiques en arqueologia. No obstant, a l'actualitat s'està assistint al que podem caracteritzar com una veritable revolució metodològica, sent possible generar coneixement sobre alguns aspectes que fins fa menys de dues dècades era totalment impensable. D'acord als avenços metodològics i tècnics que en els últims anys venen integrant-se al treball arqueològic, la disciplina arqueozoològica ha vist amplades de forma significativa les seves possibilitats. Les noves tecnologies estan contribuint a canviar la concepció dels treballs implicats en la recuperació i registre de les restes de fauna, en la seva determinació anatòmica i específica, en les anàlisis arqueotafonòmiques i biomètriques. La tradicional "col·lecció de referència" s'ha vist ampliada amb els atlas digitals. La presa automàtica de mesures permet treballar amb bases de dades relacionals i obtenir resolucions gràfiques de gran capacitat en pocs minuts. Els escàners de microtraces permeten identificar traces i alteracions fins al moment inapreciables.

Totes aquests avantatges tècniques, per citar-ne algunes, estan contribuint a canviar la concepció de la pròpia resta de fauna i, amb això, a canviar també la dinàmica de treball en arqueozoologia. Si fins fa relativament poc, tal com acabem de mencionar, es compartimentaven les anàlisis arqueozoològiques en base a les diferents categories de materials que conformen el registre arqueozoològic (microfauna, ictiofauna, avifauna, malacofauna, macrofauna), comença ara a imperar el que podem definir com una compartimentació més arqueomètrica. L'anàlisi arqueozoològica ja no es basa només en l'anàlisi directa de les restes de fauna sinó que les pròpies restes de fauna estan passant a constituir un mitjà per a l'estudi del seu contingut biogeoquímic. Biologia, geologia, física i química conflueixen per aconseguir una major i més àmplia caracterització de les restes amb l'objectiu d'obtenir dades i informacions fins al moment inexistents. L'aplicació de les anàlisis biogeoquímiques a les restes orgàniques arqueològiques es va desenvolupar principalment en el camp de l'antropologia física. Pel que fa a les restes d'animals, a l'actualitat son però cada vegada més nombroses aquestes aplicacions.

Les anàlisis d'isòtops estables que s'estan duent a terme en arqueozoologia es basen en el principi que aquests elements s'incorporen i fixen en el teixit orgànic dels animals, quedant retinguts en aquest després de la seva mort i fins a la seva recuperació, fet que permet mesurar posteriorment la composició en isòtops estables. En funció del tipus d'estudi que es vol dur a terme s'utilitzen diferents isòtops estables (carboni, nitrogen, oxigen i estronci) i es treballen diferents teixits (esmalt, os, dentina ...). Les condicions de fixació i preservació són variables i dependents de factors que engloben des de les condicions ambientals en què vivia l'animal fins a les condicions de formació i alteració dels jaciments arqueològics. A part de permetre la reconstitució de les condicions ambientals en què vivia l'animal (paleoclimatologia, paleoecologia) i les condicions de gestió i explotació, permeten aïllar i individualitzar els canvis que han experimentat aquests factors al llarg de la vida de l'animal. La possibilitat d'analitzar de forma individualitzada els isòtops fixats en relació al desenvolupament i creixement de l'animal, permet desglossar les seqüències temporals en les que normalment es treballa en arqueozoologia a microsecuencias individuals, obtenint d'aquesta manera un marge de resolució relativament més alt. Aquesta característica suposa un canvi important en les possibilitats de l'arqueozoologia.

Pel que fa als estudis paleogenètics, la seva aplicació a l'arqueozoologia està generant un intens debat entorn a les seves possibilitats i limitacions. Contribucions interessants són les realitzades en l'àmbit d'estudi de la problemàtica plantejada entorn al procés de domesticació animal, pautes de distribució fitogeogràfiques de les diferents espècies animals, dinàmica i ritme de la pressió selectiva humana sobre l'entorn i sobre determinades espècies animals i grau de especialització de determinats processos productius.

Creixent importància estan assolint també els estudis basats en l'anàlisi de la microestructura òssia i la biomecànica. La possibilitat d'aplicar sobre les restes de fauna tècniques d'escanejat 3D, de tomografia computada i de ressonància magnètica ha obert una nova possibilitat, la de caracteritzar, sense destruir la resta, l'estructura interna dels ossos i registrar i mesurar paràmetres i variables fins ara inaccessibles. Les anàlisis morfobiomètriques es basen en l'estudi de la variabilitat morfològica global dels organismes. L'aplicació de la morfometria geomètrica a l'anàlisi de les restes de fauna, si bé en estat embrionari, estan comportant ja diversos avantatges, obrint nous camins i línies d'investigació. Destaquem entre les més interessants la possibilitat d'inferir en les respostes morfològiques dels organismes a pressions selectives (tant d'índole natural com social) o la de controlar espacial i temporalment la variabilitat fenotípica resultat de la dinàmica evolutiva en què s'han vist imbricats els organismes sota estudi. La mesura d'aquestes noves variables i paràmetres permet resseguir detalladament les dinàmiques de canvi en les poblacions animals, tant en la dimensió temporal com espacial, que ha tingut com a efecte variacions en la conformació dels teixits ossis. A nivell més concret, és possible resseguir d'aquesta manera les conseqüències físiques de la pressió ambiental i humana, sent possible detectar els canvis derivats de les diferents estratègies de gestió i explotació dels recursos animals implementades al llarg de tota la prehistòria. Els encara pocs treballs publicats al respecte són realment prometedors. Si bé aquest camp d'anàlisi presenta una relativament llarga tradició en altres ciències com ara la biologia o paleontologia, la seva aplicació a l'estudi de les restes de fauna arqueològica és relativament recent. Serà precisament aquesta darrera línia de treball l'objectiu de la present tesi doctoral.

Si bé a nivell material l'arqueozoologia té el seu principal focus d'atenció en les restes de fauna arqueològiques, cal dir que, com a disciplina arqueològica, les vies materials d'aproximació al coneixement sobre els animals no resten limitades als fragments d'os. Des de l'art zoomòrfic en totes les possibilitats tècniques (p. e. pintura, escultura, gravat) i suports (p. e. paper, papir o pergamí, pedra o parets naturals i de facció antròpica o elements ceràmics), les eines, objectes i elements materials associats a l'obtenció, cria, manteniment i consum dels animals, fins a la documentació històrica que registra qüestions animals amb diferents objectius i punts de vista poden incloure's dintre de la disciplina en la mesura en què contribueixen al nostre coneixement sobre els animals en diferents moments del nostre passat, com evolucionen les interaccions i els efectes que això genera sobre humans i animals.

En tot cas, aquest apunt és tant sols una excusa per posar de manifest la multidisciplinarietat de l'arqueozoologia que no es fonamenta únicament en l'ampli ventall d'elements estudiats sinó també en la gran varietat d'enfocaments metodològics i tècnics que la componen. Així doncs, l'arqueozoologia estén les seves arrels a les humanitats, la filosofia i la història, la biologia, la veterinària, la física o la paleontologia (de forma generalista, o la llista seria massa llarga) i beu

de les tècniques, mètodes i idees desenvolupades, adaptant-les a la seva realitat, formulant-ne de noves i evolucionant contínuament per salvar els límits que les diferents aproximacions presenten.

#### 4.2. Arqueozoologia i estudi de la domesticació animal i pràctiques ramaderes inicials

D'entre les diferents realitats abordades a través de l'arqueozoologia, la recerca sobre la domesticació és possiblement la qüestió més intensament estudiada i la que més debat ha generat dintre de la disciplina. És, en certa manera, un dels seus principals motors evolutius. Si, tal com s'ha esmentat en el capítol precedent, no hi ha actualment consens en la definició d'animal domèstic, tampoc hi ha consens en els criteris que es fan servir per posar en evidència la presència d'animals domèstics. Un dels procediments més utilitzats, les anàlisi biomètriques, no estan absents de polèmica.

Les anàlisi biomètriques es basen en l'anàlisi comparativa. El seu objectiu general es caracteritzar l'aspecte físic dels animals i avaluar com ha anat canviant al llarg del temps. No es basa només en la mida, sinó també en la forma. Disposar de referencials sobre la característica que es vol investigar es imprescindible. Aquests es poden crear sobre poblacions modernes o arqueològiques. Es poden fer servir tant mesures directes com índexs calculats a partir de les mateixes. Helmer (1992) va ser un dels primers investigadors en fer servir la biometria per diferenciar entre espècies durant la classificació taxonòmica en espècies morfològicament properes i per separar també la forma domèstica de la salvatge d'una mateixa espècie. Anteriorment Payne (1969) havia proposat també utilitzar la biometria per separar entre ovelles i cabres a partir de les mesures dels còndils distals dels metàpodes.

Son més nombrosos però els treballs destinats al segon propòsit, diferenciar en un conjunt entre exemplars domèstics i salvatges. Les espècies més treballades son els cànids, bovins i suïns. Varis autors (Davis 1981; Uerpmann, 1978; Helmer, 2006) han senyalat la complexitat d'utilitzar el criteri talla com a marcador de domesticació degut a que altres factors, com per exemple el clima, i concretament la temperatura, incideixen directament en la mida dels mamífers. L'alimentació es una altre de les variables que més influència pot tenir en el creixement i per tan en la mida.

Complementàriament a la baixa de talla, es fan servir també les mesures per avaluar el rang de variabilitat que presenta una població. La variabilitat pot estar condicionada per l'edat, sexe i pressions selectives a les que hagin estat sotmesos els animals. Els canvis en la robustesa i la presència d'exemplars castrats també poden contribuir a la major variabilitat (Davis, 2000). Zeder (2001) ha assenyalat que el dimorfisme sexual i la representació de mascles i femelles en un conjunt poden estar a la base de les diferències mètriques, i no la domesticació.

Vinculat a la domesticació, es considera també que es produir una pèrdua de la variabilitat genètica de la espècie. Aquesta pèrdua seria conseqüència de l'aïllament genètic envers la població salvatge. Els estudis genètics han demostrat que la domesticació implicà la reducció del nombre d'animals domèstics en relació amb els salvatges, fenomen conegut com "coll

d'ampolla" (Pérez-Enciso, 2009). A partir d'aquí s'assisteix a una pèrdua de variabilitat genètica, ja que no tots els individus inicialment salvatges van ser domesticats. Segons aquets autor, la domesticació implicà també un augment del fenomen conegut com deriva genètica (atzar). Hi ha doncs dues forces evolutives principals que condicionen la variabilitat genètica de les poblacions, la selecció i la deriva genètica. La selecció permet que una determinada variant genètica s'implanti si té un efecte beneficiós, si bé pot ser que per atzar aquesta no tingui lloc (Pérez-Enciso, 2009). La cria especialitzada d'animals pot contribuir doncs de nou a l'augment de la variabilitat. Un cop consolidada la ramaderia les accions de selecció serien més acusades, adquirint els animals caràcters diferenciats en funció del seu règim d'exploació.

La principal problemàtica rau en què la domesticació es un procés gradual i el seu ritme està estretament vinculat a les accions de selecció. Per tant, serà en molts casos impossible diferenciar entre la forma salvatge i la domèstica durant els primers estadis a partir del criteri de la mida (Helmer 1992; Saña 1999; Helmer, 2006).

Estudis recents han posat de manifest també que la domesticació constitueix un fet de naturalesa complexa, característica que fa impossible treballar únicament a partir de la dicotomia salvatge/domèstic (Saña, 1999). Evin et al. (2015) resumeixen en 5 les categories a considerar: salvatge, captiu, domèstic, híbrid i fer. Les formes salvatges estarien sotmeses únicament a la selecció natural. Els animals captius, controlats directament pels grups en estat salvatge, es veurien afectats per una certa relaxació de la selecció natural al estar protegits pels humans, sent responsables aquests darrers d'una selecció passiva. En els animals domèstics, en canvi, la selecció artificial s'intensifica a partir de la ramaderia, si bé alguns factors ambientals tals com el clima i la disponibilitat d'aliment actuen encara sobre la variabilitat de l'espècie. El fet de que la domesticació i practiques ramaderes inicials no comportin de manera abrupta la seva estabulació o cria en tancats, vivint en condicions de llibertat o semi-llibertat, fa que els contactes entre la forma salvatge i la domèstica puguin ser corrents, donant lloc a la presència d'híbrids. La hibridització pot ser també intencionada, creuant amb finalitats reproductives i de cara a la millora de l'espècie les dues formes. Les característiques fenotípiques dels exemplars híbrids poden ser intermèdies, agafant els trets de cada una de les parts de manera molt variable. Finalment, la categoria d'animals fers, contempla aquells exemplars que, una vegada domesticats, retornen a l'estat salvatge, relaxant-se de nou la selecció artificial en favor de la natural.

En termes de control social, son diverses també les vies i dinàmiques que poden conduir a la domesticació. Un dels treballs més complerts al respecte, en aquest cas sobre la domesticació del porc, es el publicat per Dwyer (1996), basat en un estudi etnogràfic de la ramaderia de porcs a Nova Guinea. L'autor defineix tres modalitats diferents de relacions entre aquestes comunitats i els porcs que donen lloc a domesticació. La primera es basa en la captura de cries salvatges. Els mascles es castren i les femelles es controlen de manera extensiva, però es mantenen pròximes a l'assentament, fet que fa que no es puguin creuar de nou amb els mascles salvatges. Dwyer anomena aquesta modalitat com "alineació reproductiva". En la segona forma de relació, la comunitat té control només sobre les femelles, creuant-se aquestes amb mascles salvatges. Les cries neixen a l'assentament. En aquest cas doncs es tindria només control sobre les femelles i l'autor defineix aquesta pràctica com "female breeding". Finalment, en la darrera

situació, tant els mascles com les femelles es crien en captivitat (“male an female breeding”). A aquestes cal afegir també la proposada per Zeder (2012) anomenada per l'autora con “comensal pathway”, en el marc de la qual els animals entrarien en contacte amb els grups humans a partir del rol de carronyers. Les espècies susceptibles de seguir aquesta trajectòria son principalment el gos, gat, rates, gallines i també els porcs. Atrets per les deixalles dels assentaments s'aproparien a les comunitats i aquestes prendrien un rol actiu en el seu cuidat. No tots els animals comensals esdevenen però finalment domesticats.

Aquestes modalitats donen compte de que la separació entre la població salvatge i la domestica es més complexa que l'usualment suposada, per això es convenient no treballar únicament amb les dues categories de salvatge i domèstic. La presència d'híbrids s'ha de tenir en compte en tant que la ramaderia pot ser en els seus inicis de caràcter extensiu. A l'intensificar-se el control i selecció artificial, la divergència entre les dues formes incrementa, aïllant-se posteriorment completament la domestica de la salvatge. Diferenciar entre cacera selectiva i ramaderia extensiva en els moments inicials del neolític es doncs una qüestió difícil.

La rapidesa del canvi, a més el caràcter de les pressions selectes, dependrà també de les característiques de l'espècie. D'entrada, no totes les espècies animals es consideren aptes per ser domesticades. Clutton-Brock (1999) sistematitza en sis les característiques fisiològiques i comportamentals de les espècies animals susceptibles de ser domesticades:

1. Resistent: els animals han d'adaptar-se a nous entorns, dietes i, sovint, a condicions que poden suposar un major risc d'infeccions i malalties.
2. Social: en la majoria dels casos els humans son el membre dominant de la relació. Els animals que són socials per naturalesa són més fàcils de domesticar.
3. Resposta de fugida reduïda o fàcilment suprimible: els animals amb resposta de fugida ràpida, no mengen ni es reproduïxen bé en captivitat.
4. Útil: l'animal ha de tenir un propòsit d'explotació, ja sigui com a aliment (porcs, ovelles, cabres i vaques), suport per a la caça (gossos) o la locomoció (cavall).
5. Reproducció lliure: es el factor més important per a la domesticació. La cria en captivitat és difícil fins i tot en condicions favorables, de manera que si una espècie no es reproduïx lliurement les possibilitats d'èxit de la domesticació és baixa.
6. Gregari: els animals gregaris i tranquils amb una dieta variada són més fàcils de mantenir i conformar ramats.

Aquestes consideracions cal contemplar-les a l'hora d'estudiar la dinàmica de domesticació. La domesticació no es un fet estàtic sinó un procés de canvi continu. En el marc d'aquest procés, alguns autors separen estadis concrets en base a les correlacions entre gestió animal, característiques fenotípiques y genotípiques (Vigne, 2011).

Si bé la baixa de talla ha estat un dels criteris més aplicats per l'estudi d'aquesta problemàtica històrica, actualment estan guanyant força els criteris basats en variables que donen compte de

la gestió animal i estratègies de consum implementades per part d'una determinada formació social. A partir de l'estudi directe de les restes de fauna es poden fer servir en aquesta línia les freqüències de representació d'una espècie, la seva variabilitat esquelètica i la seva dinàmica demogràfica. Les anàlisis demogràfiques es basen en la premissa de que l'edat i sexe dels animals destinats al consum son un reflex dels criteris econòmics que regeixen l'estratègia seguida en l'adquisició de recursos d'origen animal (Saña, 1999). Per tant en una societat que practica la cacera, amb l'objectiu d'obtenir un benefici immediat a partir de la presa caçada, l'orientació (elecció dels animals a sacrificar segons edat i sexe) pot ser diferent que en una societat que tingui per objectiu la viabilitat del ramat d'animals domèstics a llarg terme. En aquest darrer, es destinarien al consum principalment mascles juvenils, guardant les femelles per a la reproducció (Helmer, 1992). Varis autors (Albarella et al. 2006) consideren però que la utilització d'aquest criteri es complexa doncs les espècies es poden criar de forma polivalent. L'estratègia ramadera no s'ha d'orientar, però, exclusivament a l'obtenció de productes consumibles. La constitució de reserves, l'intercanvi i comerç d'animals són altres variables que s'han de tenir en compte. Widstrand (1975), per exemple, proposa que el principal objectiu de la ramaderia no és la producció immediata d'aliment o d'excedent, sinó l'aprovisionament continuat d'aliment (Andúgar, Saña 2004).

Adicionalment a aquests criteris, a l'actualitat s'ha començat a treballar de manera més sistemàtica en la relació potencialment existent entre paleopatologia i domesticació animal. L'anàlisi de les paleopatologies fa possible avaluar les implicacions socioeconòmiques que la cria d'animals tingué en les diferents societats a partir de l'examen de l'estat de salut de les poblacions animals. La paleopatologia permet també inferir els usos que es van realitzar dels animals (Bartosiewicz et al. 1997) i en alguns casos la paleodieta i condicions higièniques en que aquests vivien. Amb la domesticació animal i durant els primers estadis de ramaderia, es possible que existissin noves malalties derivades dels canvis estructurals i comportamentals produïts a conseqüència del control artificial i pressions selectives a que es veu sotmesa la població animal. A diferència dels animals salvatges, les poblacions domèstiques poden patir unes determinades malalties derivades del seu captiveri i de l'estrès estructural i nutricional. L'estat de salut animal es determina arqueològicament a partir de la identificació dels canvis morfològics osteològics associats a traumes, processos infecciosos o inflamatoris, alguns dels quals queden representats als diferents teixits de l'esquelet (Thomas i Mainland, 2005).

Les afectacions patològiques poden tenir l'origen tant en factors intrínsecs (per exemple, les malformacions genètiques) com extrínsecs (per exemple, les fractures òssies) i poden afectar els organismes tant a nivell molecular, corporal com mental. Arqueològicament, les patologies que podem arribar a identificar són limitades. És condició *sine qua non* que la patologia que afectà l'animal deixi algun tipus de rastre en les els ossos. Les patologies més evidents en el registre ossi són, probablement, les fractures òssies. El procés de fusió d'una part esquelètica fracturada és evident pel recreixement ossi en el punt afectat i pot presentar una major o menor afectació en funció del tipus de fractura (trencament net o esberlament) o de si han intervingut processos infecciosos en el procés. La detecció d'aquesta patologia és un bon indicador de la supervivència o no de l'animal a la lesió. En animals salvatges, podem entendre que l'afectació no fou suficient per generar-li un desavantatge. En animals domèstics però, la presència de



fractures curades (o en vies de) és un indicador d'una certa atenció i interès en la supervivència de l'animal. Altres patologies, com per exemple les exostosis, els eixamplaments de les tròclees o el *lipping*, han rebut especial atenció en haver-se relacionat amb l'ús dels animals com a força de treball. És especialment així en el cas dels bovins. Bartosiewicz et al. (1997) categoritzen les diferents afectacions patològiques en ossos de bovins relacionades amb la tracció i la càrrega de pes i estableix un mètode per quantificar-ne el grau d'afectació patològica i establir un índex patològic que permet establir comparacions entre diferents conjunts arqueològics. Malgrat això, publicacions recents (Thomas 2008) argumenten en contra o, més aviat, diversifiquen els orígens de les afectacions que Bartosiewicz associa al treball animal. En aquest sentit el seu treball amb bovins condicionen algunes d'aquestes patologies a l'activitat i pautes de mobilitat d'individus joves.

Malformacions òssies també se'n produeixen per causes genètiques i podríem definir-les com una forta alteració de la morfologia habitual de l'element o part esquelètica per causes no externes. El nivell de l'afectació pot traduir-se en la supervivència o no de l'animal o en el seu sacrifici. Patologies d'origen genètic detectables arqueològicament poden traduir-se, en ocasions en què no representen un desavantatge significatiu, en factors hereditaris, com seria el cas de gossos a qui no els creix un molar en concret.

Les afectacions fins ara enumerades tenen en comú que són, en certa manera, inevitables. O bé són intrínseques a l'animal, com passa amb els factors genètics, o bé es produeixen a causa de l'activitat que desenvolupen. Una bona alimentació és essencial per al correcte funcionament i desenvolupament de l'organisme i les dents, sobretot durant el seu desenvolupament, són especialment sensibles al deteriorament de la salut.

El manteniment dels ramats a llarg terme implica també preveure i prendre decisions respecte a la seva reproducció i alimentació. El control del cicle reproductiu és un element cabdal vinculat a la gestió i explotació dels animals domèstics. Les tècniques i estratègies emprades són altament informatives a l'hora de conèixer els recursos productius disponibles i el mode de subsistència dels grups humans. Tant la reproducció com la cria en captivitat generen canvis en les dinàmiques naturals de les poblacions animals. Aquests canvis poden afectar a tot el cicle reproductiu, des de l'aparellament fins l'assoliment de la maduresa sexual, amb l'objectiu d'adaptar la producció animal a les seves pròpies necessitats (Saña, 2002). El control de l'estacionalitat de naixement dels animals domèstics és un element fonamental, estretament vinculat al ritme de les activitats de cria. En el cas de les poblacions salvatges, l'estacionalitat de naixement es troba fortament relacionada amb els canvis estacionals, i en particular amb les variacions en la disponibilitat de recursos vegetals, però també d'aigua al llarg de l'any. Els naixements acostumen a tenir lloc en el moment de l'any amb una major disponibilitat de recursos, tant per la mare com per la cria. En les poblacions domèstiques aquesta dinàmica natural ha estat modificada a partir de millores en l'alimentació i manteniment dels animals (Balasse, 2014).

L'alimentació dels animals constitueix per tant una part fonamental del cicle ramader, donat que les pautes alimentàries tenen una enorme influència en els nivells d'esterilitat, nombre d'avortaments i malalties de les cries recent nascudes (Andúgar i Saña 2004). L'estació de l'any

en que els problemes d'alimentació podien ser més greus es l'hivern, estació durant la qual normalment les femelles estan embarassades. Si la malnutrició arriba a afectar al fetus i la cria neix amb un pes baix, difícilment sobreviurà. Una alimentació inadequada pot comportar pèrdues estacionals de pes de l'ordre del 20% (Noddle 1989). Tenint en compte el tipus d'aliment que reben els animals es diferencia entre ramaderies intensives i extensives. En un sistema extensiu, l'increment de la producció ve donat per l'ampliació dels terrenys de pastures. L'espai destinat a l'activitat ramadera inclou normalment un territori més o menys ampli, en relació a les dimensions dels diferents ramats, a la seva naturalesa i al seu règim de manutenció. Els animals poden estar en règim de semilibertat o bé estabulats. És necessari produir els aliments necessaris i la preparació dels terrenys de pastures així com assegurar l'abastiment d'aigua. En funció de les produccions explotades de cada espècie, els règims i requeriments alimentaris poden ser variables. En termes d'alimentació, la producció de llet requereix, per exemple, la ingesta estable de proteïnes per part dels animals (Andúgar i Saña 2004). Els animals destinats a la càrrega i tracció requereixen també d'aliment altament energètic.

Aquests aspectes s'estan abordant actualment a partir de les anàlisis isotòpiques i de microdesgast dentari. La tècnica del microdesgast dentari s'ha aplicat de manera ampla per a l'estudi de la paleodieta, sobretot en poblacions d'ungulats (Mainland 2006, 2007). Estudis recents, han demostrat el potencial d'aquesta tècnica per al coneixement del medi i la seva explotació durant la Prehistòria, permetent realitzar inferències fiables sobre les pautes d'alimentació i dieta de les poblacions humanes i animals. Fins l'actualitat les aplicacions d'aquesta tècnica s'han centrat majoritàriament en espècies salvatges, cabres, bisons i varis ungulats com cèrvids, èquids i antílops d'èpoques anteriors al neolític (Rivals et al. 2005, 2007, 2008). Aquests han aportat informació sobre el paleoambient de determinades zones, permetent conèixer així les adaptacions de les espècies que hi habitaven, segons l'època de l'any. També s'han pogut estudiar poblacions d'una mateixa espècie, però de zones diferents, podent conèixer així les variacions produïdes en la dieta. Alhora es poden comparar amb poblacions actuals i visualitzar les variacions que s'han produït en l'alimentació. Altres estudis, han utilitzat les anàlisis de microdesgast com a mètode per conèixer la durada d'ocupació dels assentaments, tenint en compte que les característiques del microdesgast poden variar a nivell estacional (Rivals et al. 2009). Un dels pocs estudis que s'ha centrat en l'anàlisi de poblacions domèstiques es el realitzat per Rivals et al. (2011) al sud de Grècia, en el jaciment neolític de Kouphovouno, on s'han analitzat les dietes d'ungulats domèstic i salvatges, així com les diferències que presenta el desgast dentari entre ovella i cabra. Els estudis de Mainland (1998), realitzats sobre poblacions domèstiques actuals, a partir del microdesgast, van permetre aprofundir en la diferenciació dels ovicaprins alimentats per pasturatge o amb farratge. Les anàlisis es van efectuar sobre individus on l'alimentació s'havia controlat fins la seva mort, el que va permetre obtenir uns patrons clars alhora de reconèixer la dieta. Altres estudis seus han aprofundit en el reconeixement de del tipus d'aliments ingerits i la seva gestió (Mainland 2003, 2005). Cal destacar també els treballs realitzats per Walker et al. (1978) diferenciant l'alimentació entre els animals salvatges i els domèstics, així com una possible variació segons l'estació. Tots aquests treballs demostren la potencialitat que pot tenir aquest procediment analític a l'hora d'estudiar la domesticació animal, donat que els canvis en l'alimentació dels animals es un dels canvis importants que comportà l'adopció de la tècnica ramadera. D'aquesta

manera l'estudi de l'alimentació animal pot contribuir també a la diferenciació entre les poblacions salvatges i domèstiques d'una mateixa espècie a partir de les restes de fauna.

Pel que fa a les anàlisis isotòpiques i l'estudi de la domesticació animal i de les pràctiques ramaderes, tal com s'ha comentat en el Capítol 2, s'utilitzen principalment els recomptes d'isòtops estables de quatre elements químics principals: carboni C13/C12, oxigen O18/O16, nitrogen N15/N14 i estronci Sr87/Sr86. Aquests s'incorporen a l'os durant el creixement i la remodelació òssia. Un cop finalitzat el creixement, la taxa de renovació de el teixit ossi és baix, per la qual cosa es considera que el senyal isotòpic mesurat al col·lagen i a la bioapatita pot ser representatiu de la dieta i els seus canvis. Pel que fa a l'estudi de l'alimentació animal, és possible identificar l'aportació d'aliment extraordinari quan les plantes conreades tenen composicions isotòpiques diferents de les de les plantes salvatges (Balasse 2016). S'utilitzen els isòtops de C quan es treballa amb bioapatita de l'esmalt dentari i de N si es recomtem en el col·lagen ossi. En aquest darrers cas, els valors del 15N de les plantes es transmeten al llarg de la cadena alimentària, amb un enriquiment en N a cada salt tròfic. Els valors representen per tant el nivell tròfic de l'animal. Es pot interpretar a partir d'aquest valors el regim alimentari (omnívor, carnívor, ...) i la forma de gestió alimentaria. Pot ser informatiu també de la durada de l'alletament de les cries (Saña i Tornero, 2006). Mesures de 13C, 15N i 18O en l'esmalt dentari poden ser indicatives també de desplaçaments altitudinals dels ramats en busca de pastures. Pel que fa a la reproducció, la estacionalitat dels naixements la podem establir analitzant l'18O en la bioapatita de l'esmalt dentari. Aquesta queda representada per la variabilitat interindividual de la seqüència en cada dent (Balasse, 2014).

Finalment, el darrer aspecte crucial per a conèixer la dinàmica de la domesticació animal i com s'inicià la explotació ramadera és l'estudi de com varien les pautes d'activitat i mobilitat animal, un dels aspectes més intangibles de la gestió animal al no ser visible de manera directa sobre les restes de fauna arqueològiques. La mobilitat animal es ve analitzant també a partir dels isòtops estables. En aquests cas s'utilitzen els isòtops 87Sr/86Sr. L'escala de resolució espacial d'aquest tipus d'estudi depèn de la configuració geològica i geogràfica, motiu pel qual moltes vegades la seva aplicació no es viable. Darrerament s'han publicat alguns treballs que diferencien entre pautes de mobilitat animal a partir dels estudis de morfometria geomètrica (Colominas et al. 2019).

Durant la passada dècada s'ha assistit a un auge important en el desenvolupament i aplicació de la morfometria geomètrica als estudis arqueològics i arqueozoològics en particular. Aquesta tècnica ha plantejat importants dubtes sobre la validesa dels criteris de mida a l'hora de diferenciar entre els espècimens domèstics i salvatges, amb especial èmfasi en les primeres fases dels processos de domesticació (Cucchi et al. 2011, Krause-Kiora 2013). La morfometria geomètrica es basa en l'anàlisi de la forma usant landmarks (punts homòlegs en les estructures d'estudi), podent quantificar els canvis en la forma independentment (o no) dels canvis en la mida (deguts a canvis al·lomètrics o altres motius). Els treballs desenvolupats amb morfometria geomètrica en arqueozoologia centren la seva atenció en els canvis físics derivats de la pressió selectiva inherent als processos de domesticació (Evin et al. 2005) i ramaderia inicial. A l'apartat 4.5.3. es descriuen amb major detall els principis d'aquesta tècnica i la metodologia d'aplicació al cas concret de les dents de porc.

Complementàriament a aquest nou mètode de registre i quantificació de la forma, s'està començant a treballar a l'actualitat amb una nova via analítica que pot ser d'ajuda per a la contrastació arqueològica de la presència d'animals sotmesos a condicions de control que comporten canvis en els nivells d'activitat i d'estrès fisiològic dels animals. Aquesta via analítica es fonamenta en la caracterització biomecànica dels ossos d'animals amb l'objectiu de registrar les respostes adaptatives del teixit ossi a diferents situacions d'estrès mecànic definides per l'entorn natural o antròpic on l'animal desenvolupa la seva vida. Es tracta precisament de la proposta que es desenvolupa en aquesta tesi doctoral i que conforma doncs el seu punt central.

#### 4.3. Estudi de la domesticació animal i ramaderia inicial a partir de la estructura òssia i la biomecànica

Aquesta nova aproximació es basa en l'estudi dels canvis estructurals del teixit ossi. Encara que els primers treballs amb aquest enfocament es van publicar fa ja bastants anys, en la dècada dels 70 (MASCA 1970, 1973; Drew et al. 1971a, 1971b; Daly et al. 1973), és relativament poca l'atenció que ha rebut fins el moment l'estudi de l'arquitectura òssia interna com a indicador de domesticació. En aquests primers estudis Drew, Perkins, and Daly van comparar l'estructura dels diferents components del teixit ossi entre poblacions domèstiques i salvatges a partir de l'anàlisi individualitzada de l'os esponjós, os compacte i superfícies articulars. Com a conclusions van apuntar entre altres: l'existència d'un major gruix trabecular del teixit esponjós en individus salvatges, buits intercel·lulars petits i arrodonits en animals salvatges (enfrent de grans i gairebé rectangulars en domèstics) i amb un punt d'unió entre les trabècules i la placa subcondral brusc en individus domèstics mentre que gradual en els salvatges. La placa subcondral també era generalment més espessa en espècimens silvestres. En el cas de les diàfisis, les seccions transversals a través de l'eix de l'os llarg mostraven una birefringència en les capes circumferencials. Després de 1972, aquests autors van realitzar relativament poc treball en aquesta línia si bé diversos investigadors van reprendre els seus resultats i van tractar de reproduir-los (McConnell i Foreman, 1971; Hecker, 1975; Hesse, 1978; Pollard i Drew, 1975; Watson, 1975; Wright i Miller, 1976; Zeder, 1978; Ostergard, 1980; Binford, 1981), la majoria de vegades amb resultats negatius. Zeder (1978) va donar validesa a aquest enfocament metodològic si bé va remarcar la necessitat de contrastar primer si els resultats obtinguts es podien veure condicionats per altres variables com ara els nivells a què estan sotmesos els animals, pautes de mobilitat, edat i estats de salut dels individus. Gilbert (1989) va apuntar també la necessitat de contrastar si les restes presentaven o no alteracions postdeposicionals que poguessin afectar la seva estructura. L'interessant d'aquestes propostes primerenques és que correlacionen la densitat i estructura òssia amb el grau d'activitat dels animals, podent aquest haver-se vist afectat amb la seva domesticació. El principi en què es basen, i que reprenem en el present treball, és que a causa de la plasticitat del teixit ossi aquest té la capacitat d'adaptar-se al seu entorn mecànic (Warden 2006, Turner 2008, Mellon i Tanner 2012).

Existeixen en l'actualitat diversos estudis realitzats sobre poblacions modernes que aporten dades interessants que poden servir de referent per a l'avaluació de les pautes d'activitat animal en restes de fauna arqueològiques (Scott 1990). En el marc de les ciències biològiques i

veterinària són corrents les investigacions en què es correlaciona el creixement i desenvolupament diferencial dels ossos amb la seva capacitat d'adaptació a l'estrès mecànic. Una de les variables considerades que pot ser d'utilitat en la investigació arqueozoològica és l'amplada de la cortical dels ossos llargs (Nazem et al. 2015). Hiney et al. (2004) avaluen la correlació existent entre la densitat i forma de la cortical a la diàfisi dels metàpodes en tres grups de vedells amb tres pautes d'activitat diferenciades: una amb activitat puntual d'alta intensitat, la segona amb mobilitat lliure i la tercera completament estàtica. Els resultats obtinguts demostren que la mobilitat afecta el percentatge d'àrea cortical dels ossos i a la seva geometria, sent relativament més reduïda la densitat mineral de l'os en poblacions estàtiques. Niinimäki i Salmi (2014) demostren també com determinats músculs poden causar canvis en l'os. La seva anàlisi realitzada sobre poblacions de rens indica com diversos punts d'inserció muscular de l'articulació del colze estan més desenvolupats en poblacions de rens salvatges que en les captives en zoològics, amb un rang més restringit de mobilitat. Jepsen et al. (2015), basant-se en pressupostos de la biomecànica, aporten també dades significatives sobre les diferències en el creixement ossi en ratolins que practiquen exercici davant els que no. En el cas de poblacions extintes d'homínids (Ruff et al. 1993) i grups humans (Shackelford 2005) s'ha avaluat també amb aquest propòsit el gruix cortical de coll femoral. Són poques però les aplicacions arqueològiques realitzades en aquesta línia per a l'estudi de la domesticació animal i les seves conseqüències. Una de les més destacades és la publicada per Shackelford et al. (2013), centrada en analitzar el canvi en l'estructura òssia resultat de la reducció de la mobilitat amb la domesticació en el cas d'ase.

L'estudi de la deformació dels ossos podria convertint-se en un camí d'investigació vàlid de les primeres domesticacions d'animals i pràctiques ramaderes. A nivell tècnic, la tomografia computaritzada permet examinar les característiques internes i externes de l'os sense danyar-lo, facilitant la possibilitat de identificar les variacions en la microestructura com a resultat de les noves pressions de selecció, a més de poder definir el seu ritme i intensitat.

#### *4.3.1. Principis i conceptes bàsics: desenvolupament ossi i estructura òssia*

El sistema esquelètic és l'estructura de suport del cos i protecció dels òrgans primaris dels mamífers. El sistema muscular s'hi adhiereix i permet el desenvolupament de les funcions motores a la vegada que dóna subjecció als elements que componen l'esquelet, els ossos. Els ossos reben doncs totes les forces derivades de la subjecció de la carcassa dels animals així com l'energia derivada de la locomoció. No són, però, una unitat inerta del cos, sinó que estan en constant creixement i remodelació per tal d'adaptar-se i col·laborar en el funcionament òptim del sistema biològic.

El teixit ossi és un tipus de teixit conjuntiu i connectiu, que es caracteritza per una adhesió de cèl·lules i una matriu extracel·lular calcificada amb una base orgànica composta principalment per fibres de col·lagen. A més del col·lagen, conformen la matriu orgànica altres proteïnes no col·làgenes com la sialoproteïna òssia, l'osteocalcina o l'osteopontina i conté també glucosaminoglucans en quantitats reduïdes, fet que determina la baixa hidratació i, per tant, poca flexibilitat, del teixit ossi. El procés de creixement, desenvolupament i formació del teixit

ossi està controlat per les cèl·lules que el componen, osteoprogenitores, osteoblasts, osteòcits i osteoclasts (aquest darrer, en el cas de remodel·lació ossia), que accedeixen al teixit ossi gràcies a l'elevada vascularització d'aquest.

Ara bé, el procés de formació de l'os s'inicia en l'estat embrionari a partir de la creació de teixit ossi no laminar (ossificació primària). El teixit no laminar, primari o immadur es caracteritza per presentar les fibrilles de col·lagen organitzades a l'atzar. Ràpidament, s'inicia la substitució d'aquest teixit per teixit laminar, madur o secundari. Els osteoblasts s'encarregaran de sintetitzar l'osteòide, que és la matriu òssia sense calcificar i que presenta el col·lagen organitzat de forma ordenada i agrupat en laminilles òssies. La disposició del tropocol·lagen en les fibrilles òssies de col·lagen, amb espais entre elles, permetran la incorporació de cristalls de fosfat càlcic, component principal de la part inorgànica de la matriu. Com a resultat d'aquesta mineralització, el teixit ossi laminar és més resistent i, a la vegada, menys flexible, que el no laminar. Un cop format, serà sotmès a processos de destrucció i formació contínua per adaptar el teixit a l'estrès rebut (ossificació secundària).

El procés d'ossificació es pot produir de forma directa o indirecta. Per al primer cas, les cèl·lules osteoprogenitores formen osteoblasts que produeixen matriu extracel·lular que es va calcificant fins quedar-se atrapades. Els osteòcits (osteoblasts atrapats per les seves pròpies secrecions) seguiran produint matriu extracel·lular fins que els vasos sanguinis quedin atrapats i hagi desaparegut tot el teixit conjuntiu. És el cas, per exemple, dels ossos de la caixa cranial. En el cas de l'ossificació indirecta, el teixit ossi es conforma a partir del teixit cartilaginós, que actua com un motlle per a la creació de teixit ossi no laminar. Aquest procés es dona en ossos llargs, com tíbies o fèmurs, i en ossos petits com les vèrtebres. En aquests ossos podem distingir-hi la diàfisi, que conforma la part central de l'os i les dues epífisis, situades als dos extrems de l'os.

L'augment en la concentració de condrocits (única cèl·lula del teixit cartilaginós) inicia el procés de calcificació del cartílag que, progressivament, aïlla aquestes cèl·lules fins a la seva mort per falta de nutrients. La desaparició d'aquestes cèl·lules deixa una matriu porosa que es veu reforçada, en la diàfisi, per la ossificació directa del periosti, que compensa el dèficit estructural. El periosti és igualment un teixit conjuntiu i hi podem diferenciar dues parts: la capa més exterior (capa fibrosa), densa, molt vascularitzada i amb moltes fibres col·làgenes i elàstiques que l'adhereixen a l'os i serveixen de punt d'unió per músculs i tendons; i la capa cel·lular, per sota d'aquesta i més prima, formada per un teixit conjuntiu lax, molt vascularitzat i amb una potència osteogènica elevada.

Durant el procés d'ossificació, aquesta elevada vascularitat facilita l'arribada de precursors d'osteoclasts (encarregats de destruir el teixit ossi, afavorint la remodelació ossia) que fan un forat (gemma òssia) que permet l'entrada de condroclasts (les cèl·lules encarregades de destruir teixit cartilaginós). La degradació del teixit cartilaginós i de les llacunes deixades pels condrocits morts permet l'entrada d'un vas sanguini i les seves ramificacions, vies d'entrada per als osteoblasts, que iniciaran l'activitat osteogènica creant teixit ossi no laminar prenent com a referència les restes de matriu cartilaginosa que els condroclasts estan destruint. Aquest procés complet a les diàfisis rep el nom de centre primari d'ossificació. En les epífisis es

produeix el mateix procés, però de forma més tardana i sense que es generi la faixa òssia (centre secundari d'ossificació).

Entre aquests centres d'ossificació es troben les plaques epifisàries. El teixit cartilaginós es va dipositant progressivament als extrems de les diàfisis (àrea proliferativa) mitjançant l'acumulació de condrocits mentre per sota s'inicia el procés d'ossificació en fases i àrees successives (àrea hipertròfica, àrea d'erosió i àrea d'ossificació). D'aquesta manera, la diàfisi creix en llargada, mentre successius dipòsits de teixit ossi no laminar el fan créixer en amplada. En el cas de les epífisis, aquest creixement es produeix de forma radial.

Un cop l'os està format, podem distingir a nivell macroscòpic dos tipus de teixit laminar: l'os esponjós i l'os compacte. Si bé la seva composició es essencialment la mateixa, els diferents nivells d'ordenació de les fibres de col·lagen donen lloc a estructures diferenciades. En el cas del teixit esponjós, la seva menor ordenació es reflexa en l'organització en trabècules. Per contra, l'estricta ordenació de les fibres de col·lagen permeten la proliferació de tres estructures diferents: Sistemes circumferencials, sistemes de Havers o osteones i sistemes intersticials. Els sistemes circumferencials són laminilles òssies disposades de forma concèntrica l'eix de l'os i que se situen a la part interior del periosti (sistema circumferencial extern) i de l'endosti (sistema circumferencial intern) i es formen a partir de l'activitat osteogènica del periosti i l'endosti respectivament. Les osteones estan formades per un nombre variable de laminilles de col·lagen en forma de tubs disposades de forma paral·lela a la superfície de l'os i concèntrica al conducte de Havers, que conté vasos sanguinis, limfàtics i terminacions nervioses. El conducte de Havers aporta, doncs, tots els elements necessaris per a l'entrada de cel·lules òssies. Així, les osteones participen activament en els processos de remodelació de l'os compacte mitjançant la recepció d'estímuls concrets. La creació de teixit ossi nou es realitza en resposta a la desaparició de teixit ossi definitiu, que cal substituir. Per un costat, les microfractures de la matriu òssia per efecte dels esforços físics sobre els ossos pot ser una causa directa d'aquesta desaparició de teixit. Per l'altre, els osteòcits poden alliberar missatges químics que activen el procés de remodelació en resposta a aquests mateixos esforços físics. Aquest procés no produeix pèrdua ni guany de massa òssia, sinó un teixit ossi millor adaptat a l'estrès que ha de suportar. La línia de ciment, capa més externa de l'osteona caracteritzada per una baixa quantitat de fibres de col·lagen, aïlla unes osteones de les altres i impedeix que es comuniquin entre elles. Aquest fet condiciona i limita la seva capacitat remodeladora a punts molt concrets de l'os. Se les considera unitats remodeladores de l'os. Els sistemes intersticials són el resultat d'aquesta activitat remodeladora, doncs no són altra cosa que osteones velles que han estat destruïdes per l'acció dels osteoclasts que han quedat atrapades entre les noves osteones. L'esquelet dels mamífers es va conformant al llarg de la vida dels animals. Com ja s'ha dit abans, els ossos fetals estan compostos per teixit ossi immadur que progressivament i de forma més o menys regular, es mineralitza, creix i adquireix la forma i propietats.

#### 4.3.2. *Biomecànica de l'esquelet animal i la seva representació al teixit ossi*

El teixit ossi es compon de col·lagen i minerals (Turner, 2006). Els components inorgànics són els principals responsables de la resistència a la compressió, mentre que els components orgànics proporcionen les propietats de tensió. Aquesta composició varia segons l'espècie, l'edat, el sexe, l'os específic i si l'os està o no afectat per una malaltia (Carter i Beaupré, 2001). Es diferencia entre dos tipus de teixit ossi: l'os trabecular (50-95% de porositat) i l'os cortical o compacte (5-10% de porositat). L'os cortical consisteix en estructures cilíndriques conegudes com a osteons o sistemes haversians. El límit entre l'osteó i l'os circumdant es coneix com a línia de ciment.

El principal paper del sistema múscul-esquelètic és transmetre forces d'una part del cos a una altra sota tensió controlada i protegir els òrgans vitals. En aquesta mecànica de transmissió i protecció estan implicats diversos teixits esquelètics: os, cartílag, tendons, lligaments i músculs. L'os determina l'estructura i la força estructural global, mentre que altres teixits transmeten càrregues entre els ossos. Les propietats mecàniques de l'os són el resultat d'un compromís entre la necessitat d'una certa estabilitat (per reduir la tensió i aconseguir una cinètica més eficaç) i la necessitat de la ductilitat suficient per absorbir els impactes (Doblaré et al. 2004). Un altre aspecte important del comportament ossi és la seva capacitat d'autoadaptació, modificant la seva microestructura i propietats d'acord amb l'entorn mecànic específic.

La morfologia òssia reflecteix la història de la càrrega mecànica. Per tant, a partir de les restes de fauna serà possible inferir alguns aspectes relatius al comportament animal del passat que tenen a veure amb la seva adaptació funcional al medi i entorn en general. El fenomen de l'adaptació òssia a les càrregues mecàniques imposades es coneix com a "Llei de Wolff" (Ruff et al. 2006). S'ha definit l'adaptació funcional com la capacitat dels organismes d'augmentar la seva capacitat per complir la seva funció enfront una major demanda i de disminuir la seva capacitat enfront a una menor demanda (Cowin, 1983). L'os s'adapta a les tensions mecàniques canviant la mida i la forma (Turner, 2006). Es pot afegir teixit a les regions de tensió mecànica més elevada per tal d'augmentar la resistència òssia. D'aquí es pot pressuposar que l'anàlisi estructural del teixit ossi, i en concret, les diferències en la morfologia òssia, es poden utilitzar per investigar dinàmiques biomecàniques a partir de les restes de fauna arqueològiques.

De fet, i tal com han assenyalat varis autors (Roesler, 1981), va ser Roux (1881) l'artífex de l'assumpció. En els seus treballs va manifestar ja els principis de que els organismes tenen la capacitat d'adaptar la seva estructura a les noves condicions de vida i de que les cèl·lules òssies poden respondre a esforços mecànics locals (Ruff et al. 2006). L'os pateix canvis substancials en l'estructura, la forma i la composició segons l'entorn mecànic i fisiològic, un procés adaptatiu conegut com a remodelació òssia. L'adaptació funcional es manifesta mitjançant la deformació òssia a partir de mecanismes com la deposició i reabsorció de teixit ossi en correlació respectivament amb nivells de major o menor activitat de l'organisme implicat. Tant la deposició i reabsorció són variables que es veuen condicionades pel tipus d'os, edat de l'animal, estat de salut de l'animal, estat hormonal i antecedents genètics (Hunter et al. 2001, Bex i Bouillon, Bronner 2004, Karsenty 1999). Es defineix la remodelació òssia com l'evolució continuada dels processos de creixement, reforç i reabsorció (Cowin, 1983). Els ossos poden



créixer, modificar la seva forma (remodelació externa o modelat), autoreparar-se i renovar-se contínuament mitjançant una remodelació interna. Tots aquests processos es regeixen per patrons mecànics, hormonals i fisiològics. És important diferenciar entre remodelació superficial i interna de l'os (Frost, 1964). Mentre que la superficial fa referència a la deposició del material ossi a la superfície externa de l'os, la remodelació interna es refereix al reforç del teixit ossi intern mitjançant el canvi en la densitat del teixit. La remodelació òssia només es produeix a les superfícies internes de la matriu òssia. Les cèl·lules òssies només poden afegir o treure os en aquestes superfícies. La remodelació interna es produeix al llarg de la vida, jugant un paper fonamental en l'evolució de la microestructura òssia (Doblaré et al. 2004).

El gruix i el diàmetre de l'os cortical són els principals factors que afecten la seva biomecànica. Un augment de qualsevol d'aquestes característiques provoca un augment de la resistència òssia. S'ha arribat a la conclusió que hi ha una correlació positiva entre la densitat cortical i les seves propietats biomecàniques, de manera que si augmenta la primera milloren les segones. Un os llarg es pot modelar com un cos cilíndric i, segons les lleis bàsiques de la mecànica, la resistència a la deformació de qualsevol cos cilíndric sotmès a una força és directament proporcional al seu diàmetre. El gruix de la cortical i la quantitat de massa òssia estan estretament relacionats, de manera que, amb massa òssia constant, una variació en la seva distribució modifica també la resistència de l'os (Caeiro et al. 2013). L'edat i algunes malalties osteo-degeneratives posen provocar la disminució del gruix cortical.

Les propietats mecàniques de l'os no són valors únics. Les seves propietats mecàniques venen determinades principalment per la quantitat, disposició i estructura molecular dels seus components primaris (Turner, 2006). Les propietats depenen de factors com la distribució mineral, l'arranjament estructural, les variacions entre individus (edat, sexe, patologies, etc.) i la funció mecànica de l'os. L'os immadur, per exemple, és més sensible a les alteracions per pressions cícliques que l'os madur (Carter, 1984). Les diferències relacionades amb la filogènia són més evidents durant el desenvolupament inicial dels ossos (Canington et al. 2018). El sexe és un altre variable que influeix en la resistència dels ossos. Panagiotopoulos et al. (2005), en el seu treball amb fèmurs humans, conclouen que en persones joves la diferència pot ser més significativa que en persones d'edat adulta. L'envelliment redueix les diferències.

L'os s'adapta només en resposta a les forces dinàmiques i no a càrregues estàtiques. Es necessita molt poca estimulació mecànica per iniciar una resposta adaptativa de l'os (Burr et al. 2002). La formació òssia depèn més de la intensitat de la càrrega o tensió implicada en l'activitat que de la seva durada (Burr et al. 2002). Els processos de remodelació òssia operen a una escala temporal molt amplia, anant d'unes poques setmanes a varis anys (Cowin, 1983). Els canvis en l'estil de vida que suposen canvis en la mobilitat, per exemple, poden implicar varis mesos, mentre que la remodelació òssia associada al trauma implica menor temps, de l'ordre de setmanes. Treballs experimentals realitzats amb rates conclouen que la resorció òssia resultant de la immobilització es produeix ràpidament, amb una disminució de la densitat mineral òssia, la rigidesa i la càrrega final després de només 6 setmanes (Inman et al. 1999).

#### 4.3.3. *Variables de la biomecànica que poden ser d'interès en Arqueozoologia*

Tenint en compte els principis de la biomecànica acabats d'exposar, les noves tecnologies fan cada vegada més viable desenvolupar aproximacions basades en aquests conceptes en el marc de les anàlisis arqueozoològiques. Ja des del segle XIX, son nombrosos els treballs publicats referents a la relació entre la forma dels ossos i la seva funció (Carter, 1984). Si bé des de l'antropologia física i medicina esportiva i veterinària s'han publicat nombrosos treballs en aquesta línia, son pocs encara els realitzats a partir de restes de fauna arqueològiques.

En el primer cas, els més corrents es centren sobretot en els ossos llargs i principalment en el fèmur. Els patrons d'activitat semblen afectar la geometria de la secció d'ossos llargs de manera previsible. Es dona una plasticitat ontogenètica de l'estructura de la diàfisis dels ossos llargs com a resposta a la càrrega mecànica. A la diàfisis del fèmur, per exemple, s'hi poden produir modificacions a causa de canvis en la càrrega axial. Els ossos llargs presenten també els extrems més amples per tal de reduir l'estrès a l'àrea de càrrega (Turner, 2006). Biewener i Taylor (1986) afirmen, a partir de varis treballs experimentals realitzats en tíbies i radis de cabres i gossos, que la deformació màxima es produeix a la meitat de la diàfisis en els ossos llargs, essent representativa de l'estrès desenvolupat en resposta a les forces transmises a través de l'os complet.

Tenint en compte la problemàtica històrica tractada en aquesta tesi doctoral, son d'interès els treballs d'aquests tipus que s'han centrat en investigar els efectes de la captivitat sobre l'esquelet. La conclusió més important es que l'estat de captivitat té efectes biomecànics rellevants en la morfologia i geometria òssia. Alguns d'aquests efectes son visibles a la morfologia de la secció de la diàfisis. Aquesta pot variar en forma i gruix. Un estudi realitzat per Hammond i Appleton (1932), per exemple, havia constatat ja diferències entre ovelles salvatges i domèstiques a partir de la forma de la secció transversal de les diàfisis, relativament més circular en els exemplars salvatges com a resultat de carregues de flexió més fortes que en les domèstiques, més sedentàries i per tant amb menys mobilitat. S'ha demostrat també que durant el creixement els efectes de la captivitat son més visibles i que els canvis més perceptibles son els vinculats a esforços sobtats o moviments fora de la rutina diària dels animals. D'aquesta manera un règim de locomoció que inclou girs, l'acceleració o la desacceleració, salts o escalades serà més visible que un d'estable o constant. Cal tenir en compte a l'hora d'interpretar aquest canvis que altres factors com l'alimentació o les malalties poden afectar també la morfologia de la secció transversal de la diàfisis (Garn, Guzmán i Wagner, 1969).

Un altre estudi interessant en aquesta línia es el publicat per Niinimäki i Salmi (2014), desenvolupant sobre els rens i basat en la comparació entre poblacions naturals i en captivitat. Els resultats evidencien diferències significatives entre aquestes dues poblacions, i sobretot en els exemplars més pesats, vinculades a la conducta alimentària. Els animals en llibertat excaven els líquens per sota de la neu, mentre que els animals en captivitat reben els aliments dels seus cuidadors. En els rens en captivitat es va desenvolupar més la inserció del múscul subscapularis, possiblement a causa d'un augment del temps que resten immòbils amb l'aparell muscular de

l'espatlla activat. En canvi en els rens en llibertat es varen registrar més modificacions als músculs que s'uneixen a l'ulna, resultat d'una flexió repetitiva de l'articulació del colze.

Els suïds s'han analitzat també des d'aquesta perspectiva. Mainland et al. (2007) avaluen les diferències en el patrons d'activitat entre els porcs domèstics i els salvatges a partir de la mesura de les seccions transversals de les diàfisis de la tibia. Es va seleccionar una mostra amb 40 porcs salvatges, 24 porcs domèstics amb mobilitat limitada i 15 porcs domèstics en regim de semi-llibertat. Els resultats posen de relleu diferències en la geometria de la diàfisis entre els porcs domèstics i els salvatges, tant pel que fa a la quantitat d'os cortical (més elevada en el senglar) com a la forma de la secció transversal de l'os (més triangular en el senglar). La densitat de les osteones secundàries es més alta també en el senglar que en els dos grups de porc domèstics. Els resultats es varen correlacionar amb possibles efectes de l'edat i pes dels animals i, tot i que algunes variables covarien amb aquestes mesures dependents del creixement, va ser possible validar la tendència general d'una relació entre els nivells d'activitat i les característiques morfomètriques de la diàfisis. D'aquesta manera, l'estudi demostra el potencial per detectar règims de cria a través de l'anàlisi dels nivells d'activitat reflectits en la dels ossos llargs sotmesos a càrrega.

Pel que fa als estudis arqueològics, pràcticament la única aplicació efectuada recentment dels principis de la biomecànica en arqueozoologia es la publicada per Shackelford et al. (2013). El treball es centra en comparar ases salvatges i domèstiques partint del principi de que la utilització d'ases per a la càrrega i la seva gestió en captivitat pot implicar un desplaçament diferent dels propi de les ases salvatges. Les ases domèstiques presentarien en aquest cas un ritme més lent i constant. Tenint en compte la capacitat de l'os d'adaptar-se al seu entorn mecànic, la geometria de les seccions dels ossos de les extremitats pot ser diferent. S'han examinat amb aquest objectiu les seccions transversals de les diàfisis d'húmer, radi i metàpodes. Els resultats constaten que les extremitats anteriors de les ases salvatges estan més reforçades, amb unes diàfisis amb forma relativament més cilíndrica, característiques indicatives d'una major resistència i repertori locomotor més variat. Un altra observació important va ser que els canvis de locomoció, amb un entorn de tensió menys actiu i més rutinari en les ases domèstiques, varen tenir més efectes en la morfologia que no la carrega.

En un segon estudi (Pfau et al. 2010) s'analitza de manera concreta també si la selecció artificial implicada en la domesticació ha canviat els patrons locomotors de les alpaques respecte al seu agriotip salvatge, la vicunya, amb l'objectiu d'entendre els factors que influeixen en l'elecció i l'evolució de la locomoció. Per això es varen registrar els patrons locomotors a diferents velocitats. Es va quantificar la influència de la velocitat en el temps de posició, el temps de balanceig, el temps de marxa (i la freqüència) i la longitud de pas. Les alpaques no varen trotar. Les alpaques van exhibir trets simètrics (seqüència lateral) per a velocitats més lentes i trets asimètrics per a velocitats més ràpides. Amb l'augment de la velocitat, la posició de pas i les gambades varen disminuir. A velocitats més ràpides utilitzaven principalment el galop transversal. Els paràmetres de la marxa, com ara la posició i el temps de pas, i la durada i la freqüència del pas, es van canviar amb la velocitat de manera coherent amb les dades reportades per a altres espècies de camèlids. L'absència de ritme sembla heretada de les vicunyes, cosa que indica que els ritmes de marxa potser no són ancestrals ni comuns per *Camelidae*.

Els canvis en la locomoció amb la domesticació s'han contrastat també des d'una perspectiva genètica agafant com exemple el cavall (Andersson, 2015). El cavall és especialment adequat per realitzar estudis d'aquest tipus ja que es una espècie que s'utilitza per múltiples funcions que impliquen diferents tipus de locomoció (caminar, trot, galop). S'ha constatat que algunes varietats, a més d'aquests tres tipus de marxa, poden realitzar marxas alternatives com son *tölt* i *pace*. La primera consisteix en una marxa que és gairebé tan ràpida com el trot, però més suau ja que el cavall sempre té un peu a terra. La segona consisteix en una marxa lateral, mentre que el trot és una marxa en diagonal. El ritme és més ràpid que el *töl*, tan ràpid com el trot, però més lent que el galop. Aquesta variació no es només conseqüència de l'entrenament, la capacitat de moure's té una component hereditària. Amb l'objectiu de comprovar-ho, s'ha dut a terme una anàlisi de tot el genoma utilitzant 40 cavalls islandesos. L'anàlisi estadística va revelar un marcador únic al cromosoma 23 que va mostrar una associació altament significativa. Una anàlisi més detallada va demostrar que els cavalls utilitzats en les curses d'arnès (trot o *pace*) tenen una freqüència molt alta de la mutació, cosa que suggereix que, a més de promoure el *pace*, també inhibeix la transició del trot/*pace* al galop i permet als cavalls anar al trot i *pace* a molta velocitat sense galopar. És present a les races repartides per Euràsia i també està molt estès en les races originàries d'Amèrica del Nord i del Sud. Està absent de races utilitzades com a cavalls de càrrega i en races on el galop és la marxa més important. La distribució mundial indica que els cavalls que portaven aquesta mutació han estat molt apreciats, molt probablement per la seva capacitat de facilitar el desplaçament, quan els cavalls eren l'únic mitjà de transport de llarga resistència. L'anàlisi efectuada suggereix que la mutació va sorgir fa més de 2000 anys. Es tracta de la mutació DMRT3 que s'expressa en un subconjunt específic de neurones de la medulla espinal que tenen un paper crític en la coordinació de les contraccions musculars durant la locomoció. La predicció és que tenen un defecte lleu en la coordinació dels moviments de les extremitats.

#### *4.3.4. Caràcters de la biomecànica que poden ser d'utilitat per a l'estudi de la domesticació animal i pràctiques ramaderes inicials*

Les pràctiques de gestió ramaderes poden posar en perill la integritat esquelètica de les poblacions naturals d'animals. Els conceptes de la biomecànica aplicats a la recerca sobre la domesticació animal i pràctiques ramaderes inicials poden ser efectius de cara a detectar patrons que tenen a veure amb el tipus i grau de mobilitat i activitat practicades pels animals. A partir d'aquí serà possible detectar situacions no comunes en les poblacions salvatges tals com per exemple la realització d'esforços reiterats derivats de la seva explotació o règims mixtes de manteniment i l'estabulació diferents als de les poblacions salvatges.

A partir dels conceptes bàsics de la biomecànica serà possible caracteritzar el moviment i també com es produeix aquest moviment a partir de paràmetres com velocitat i direcció. Quan s'aplica una càrrega sobre l'os, segons l'angle i la forma d'aplicació de la força, aquesta pot classificar-se en compressió (el canvi en la forma de l'objecte es manifesta en forma d'escurçament), tracció o tensió (si es manifesta en forma d'allargament) i tall o cisallament (*shear*, si produeix cisallament de l'objecte). Tot i que aquests són els tres tipus de forces pures, en biomecànica

solen aparèixer molt sovint les forces de flexió (*bending*, que produeixen la curvatura de l'objecte). Els esforços de flexió són realment esforços de tracció-compressió de direcció normal a la força aplicada. La flexió té lloc normalment en els ossos de l'esquelet axial, provocant forces de tracció i allargament a la cara convexa de l'os, i forces de compressió i escurçament a la cara còncava. Altres conceptes interessants són el d'estrès, equivalent a la resistència interna d'un objecte a una força que actua sobre ell i l'altre la deformació (*strain*), que s'utilitza per descriure el comportament mecànic dels materials i representa els canvis en les dimensions del objecte sotmès a l'acció de la força (Guede et al. 2013).

La captivitat pot estar associada a diferències físiques, fisiològiques o de comportament que poden afectar la forma esquelètica (Kohn i Lubach, 2019). La immobilització pot provocar una pèrdua òssia severa en determinats elements esquelètics i a la inversa, les tensions o càrregues repetides poden provocar una hipertròfia pronunciada (Canington et al. 2018). La captivitat o tenir menys àrea per moure's o explorar en un espai tancat o limitat d'un recinte afecta la càrrega mecànica de les extremitats. En aquesta línia serà útil comparar els elements esquelètics en animals genèticament similars (Ruff et al. 2006). Una via és mesurar la força o la rigidesa de flexió en diferents plans anatòmics (força de flexió anteroposterior, mediolateral, ...) a partir de l'examen de com s'ha redistribuït l'os cortical. La remodelació interna relaciona els esforços més intensos amb més rigidesa i densitat òssia, i el descans o la inactivitat prolongada amb un l'os menys rígid i menys dens. En canvi, la remodelació superficial és representativa de la relació entre els canvis en la superfície externa de l'os i els canvis en l'entorn de càrrega. Quan una cabra descansa, per exemple, la força gravitatòria a causa del seu pes es transmet a través de les seves extremitats fins a la superfície del substrat. A continuació, es genera una força de reacció i actua sobre qualsevol element, produint força gravitatòria (Serrano et al. 2011). A més velocitat augmenta la càrrega de les extremitats i es modifica la massa òssia a la diàfisi (Main i Biewener, 2004). Un cop caracteritzada la mobilitat, serà possible en alguns casos relacionar el tipus de locomoció o desplaçament amb el tipus de gestió que es fa dels animals en termes de cria o d'explotació ramadera.

#### 4.4. Principis bàsics relatius a la gestió animal per a l'estudi de la domesticació animal i ramaderia inicial a partir de la estructura òssia i la biomecànica

##### *4.4.1. Els precedents: biologia i ecologia de les espècies salvatges*

Les espècies animals treballades en aquesta tesi doctoral es domestiquen al llevant oriental de manera autòctona. Abans de domesticades, les poblacions salvatges de les que deriven varen estar intensament gestionades per les societats caçadores i recol·lectores a partir de diverses estratègies. Aquesta llarga interacció amb les comunitats humanes va possibilitar un ampli coneixement de la seva etiologia i comportament, aspecte fonamental sobre el que s'assenten les accions que permeten la seva domesticació i separació de la població natural de la que fins ara formaven part. S'exposen a continuació els principals trets de cada una d'aquestes espècies, fent especial incidència en aquelles característiques que possibilitaren aquest canvi.

#### 4.4.1.1. Les ovelles salvatges

La distribució passada del mufló no era substancialment diferent a l'actualitat al sud-oest d'Àsia. Les ovelles salvatges es troben generalment a elevacions per sota dels 3000 meters, sobretot en els contraforts de les zones muntanyoses al llarg dels deserts (Clark 1964). Prefereixen els espais oberts enfront als boscos mediterranis al llarg de la costa llewantina, que impedeixen la seva capacitat de veure perill i de fugir (Uerpmann 1987). Les femelles adultes no paren de créixer fins als quatre o sis anys d'edat, però solen assolir la mida corporal completa cap als dos anys i mig. En canvi, els mascles adults no aconsegueixen la mida corporal completa fins als set o vuit anys. Assoleixen la maduresa sexual cap als 18 mesos (Pfeffer 1967). Generalment, les ovelles són sexualment actives a partir dels dos anys, tot i que la majoria no tenen la primera cria fins els tres anys (Geist 1971). En el cas dels mascles, l'adveniment de la maduresa sexual i la competència sexual comporta un estrès físic intens en forma de competicions, especialment en els moltons vells que es veuen obligats a defensar el seu rang dominant (Dean, 1997). La majoria de moltons no viuen més de 15 anys, arribant com a màxim a divuit anys. Les ovelles sovint viuen més temps, fins a 20 anys o més (Geist 1971).

En general, hi ha un mascle per cada 1,2 femelles (Pfeffer 1967). Les ovelles són gregàries i viuen en ramats durant períodes llargs de l'any, sense formar però grans ramats. Es poden dividir en diverses agrupacions socials en funció de l'edat i el sexe. Els mascles no són territorials. Les bandes es componen de mascles de tres anys i més i varien de mida, però generalment contenen 6-15 membres (Geist 1971). A més de la distinció social bàsica entre grups de moltons i grups d'ovelles / joves, hi ha altres divisions dins de les poblacions ovines. A mesura que els mascles envelleixen, cada cop passen més temps sols. Les ovelles corren si s'espanten, si bé no son gaire espantadisses (Dean, 1997). Solen anar agrupades i seguir un animal principal.

Viuen en territoris que varien estacionalment als quals estan fortament lligades. Els mascles es distribueixen estacionalment entre sis o set territoris, i les femelles en poden utilitzar tres o quatre. Al voltant del 80% dels moltons solen tornar al mateix lloc a la mateixa època cada any, excepte aquells que es perden (Geist 1971). Les ovelles són encara més fidels als habitats estacionals i a les seves rutes de migració (Geist 1971). Els seus moviments són molt previsibles al llarg de la vida de l'individu i de generació en generació (Geist 1971). Els xais hereten els seus habitats dels animals més grans i experimentats que condueixen els ramats d'un territori a l'altre. Les distàncies entre els territoris estacionals no són especialment grans. A la regió mediterrània, els muflons es mouen entre deu i vint quilòmetres durant un any com a màxim, i només en condicions ambientals severes, com la neu o la sequera (Pfeffer, 1967). Tanmateix, se sap que les ovelles a Àsia Central recorren fins a 500 km en resposta a sequeres catastròfiques (Geist 1971). La distància mitjana entre territoris és d'1 km i mig a 5 km. Els territoris solen tenir diàmetres de 0.8 a 6.5 km, segons el ramat i la temporada. Els moltons cobreixen més distància que les ovelles, ja que fan un major nombre de moviments estacionals (Geist 1971). Les ubicacions i els moviments de les ovelles són molt previsibles. La composició del ramat de les ovelles i l'ús dels territoris canvien estacionalment.

#### 4.4.1.2. Les cabres salvatges

A inicis de l'Holocè primerenc, *C. aegagrus* i *C. ibex* estan documentades al Llevant, la primera ocupant les zones del nord, les serralades més altes i les zones de clima mediterrani, i l'*ibex* més prospera a les àrides regions del sud, zones rocoses dels deserts de Judean i Negev, el desert del Sinaí i el desert oriental d'Egipte (Tchernov 1988). *C. aegagrus* es va extingir a Llevant al final del neolític (Uerpmann 1987). S'han registrat ramats d'ibex ramats de fins a 50 animals a la península del Sinaí a la primera meitat del segle passat, si bé actualment la seva població es petita i dispersa (Baharav i Meiboom 1981). *C. Ibex* es capaç de sobreviure durant períodes importants de temps a partir només a l'aigua de les plantes. Poden habitar regions amb menys de 30 mm de pluja per any i en cotes inferiors als 500 metres (Habibi 1994). Tot i que les ovelles i les cabres estan molt relacionades, les cabres són principalment brostejadores i poden sobreviure amb una dieta més pobre, estan adaptades a elevacions més altes i a un terreny més escarpat. Les ovelles prefereixen en canvi les terres més planes i les pastures.

L'organització social de les cabres salvatges esta condonada per la densitat de població i del terreny (Shackleton i Shank 1984). Les ovelles i les cabres tenen uns patrons de creixement similars. Les cabres es diferencien de les ovelles pel seu comportament durant la cria (Levy i Bemadsky 1991). Utilitzen refugis de cria on viuen diverses mares i cries durant les primeres setmanes de la vida per protegir-se dels depredadors. Les femelles es consideren adultes entre els dos i els tres anys, època en què assoleixen la maduresa sexual. No obstant en bones condicions la poden assolir abans, cap a l'any de vida. Tot i que hi ha un dimorfisme sexual considerable entre les cabres, una femella adulta té una mida gairebé idèntica a un mascle de tres o menys anys (Habibi 1994). Les femelles es veuen poques vegades soles. Generalment viuen en grups mixtes o en ramats de femelles. Els mascles mantenen una jerarquia de domini similar a la de les ovelles (Habibi 1994). Els mascles més joves, d'entre un i tres anys, solen evitar els mascles vells i es mantenen en els grups mixtos amb les femelles. A mesura que els mascles envelleixen, deixen cada cop els més grups mixtes i s'uneixen a ramats masculins. Els mascles més vells són els més propensos a viure sols. Les cabres mascles no són territorials i són capaces de tolerar la presència d'altres mascles mitjançant jerarquies de domini i comportaments de lluita ritualitzats (Habibi 1994).

Les cabres són escaladores especialitzades i confien més en la inaccessibilitat i menys en la velocitat per evitar els depredadors (Habibi 1994). Les cabres tenen tendència a aglomerar-se i a córrer del perill. Viuen en habitats específics i es mouen amb menys freqüència i a distàncies més curtes que les ovelles (Geist 1971). Els ramats de cabres fan servir senders establerts en els seus moviments diaris o estacionals d'una zona d'alimentació a una altra. Les femelles solen tenir territoris més petits que els mascles, es mouen amb menys freqüència i formen grups socials més estables (Habibi 1994). Durant la major part de l'any, els dos sexes estan segregats, si bé els límits de segregació els poden relaxar en condicions climàtiques favorables. Els ramats de femelles i juvenils solen ser més grans que els ramats de mascles. Les agrupacions de mascles són més variables estacionalment.

#### 4.4.1.3. Els bous salvatges

A diferència de les altres espècies domèstiques, l'agriotip salvatge del bou domèstic *Bos primigenius* no ha sobreviscut fins als nostres dies. La reconstrucció de les seves característiques etiològiques i físiques es fonamenten principalment en fonts escrites i pictogràfiques prèvies a la seva extinció amb el complement de l'estudi de les restes materials d'aquesta espècie recuperades en jaciments arqueològics i paleontològics,

La distribució natural de l'ur agafa el continent europeu i l'asiàtic, així com el nord d'Àfrica, considerant però, que dos espècies principals d'ur es distribueixen de forma més o menys homogènia per aquesta zona (Von Koenigswald 1998, Kahlke 1994) Així, *Bos primigenius* fou més propi de l'àrea mediterrània i el nord d'Europa. *Bos indicus*, en canvi es distribuïa pel centre i sud-est asiàtic. La seva distribució en alçada el situa, en general, per sota de la línia arbòria (Söffner 1982), si bé s'ha es tenen evidències de la seva presència als Alps fins a 1400 i 1500 m (Chaix i Desse 1994).

En aquestes àrees, els urs són propis de zones boscoses i pantanoses i medis afins a aquests, com les valls dels rius o les marismes. Igual que el seu descendent domèstic, l'alimentació de l'ur hauria estat la típica dels animals de pastura, alimentat-se sobretot d'herbes baixes (Dementiev 1958, Van Vuure 2001) , amb la inclusió d'altres elements adaptant-se a les variacions estacionals, a partir del consum de glans a la tardor i més branques tendres i plantes arbustives durant l'hivern (Van Vuure 2001).

La seva estructura social era similar a la dels bovins, formant grups mixtes formats principalment per vaques i les seves cries, i un nombre reduït de mascles vells, si bé aquests tendeixen a aïllar-se del grup principal. Es considera que els urs tindrien hàbits migratoris i la seva època d'aparellament es situa al final de l'estiu, cap a l'agost i setembre, moment en el que els mascles adults s'aproprien als grups mixtes per l'aparellament. En conseqüència, l'època de naixements se situaria cap al maig i el juny.

El dimorfisme sexual en els urs és evident (Linseele 2004; Wright i Viner-Daniels 2015). L'alçada a la creu dels mascles s'estima en uns 160-180 cm i la de les femelles en uns 150 cm per a les poblacions d'urs de l'Holocè, ja més petites que els seus avantpassats pleistocènics. El pelatge també era diferent entre mascles i femelles, sent d'un color marró fosc o negre amb una línia més clara recorrent el llom per al cas dels mascles i de color marró vermellós per a les vaques i les cries. Se'ls considera animals agressius, capaços d'atacar a qualsevol que no guardés la suficient distància.

#### 4.4.1.4. Els porcs salvatges

El senglar es troba en una gran varietat d'hàbitats. El senglar aconsegueix explotar d'una manera eficient els recursos naturals disponibles i, també, aquelles fonts d'alimentació que tenen un origen humà. L'ús d'hàbitats varia estacionalment. L'abundància de senglars varia entre diferents tipus d'hàbitat. Està afectada per l'estructura del paisatge, sobretot per la seva diversitat. D'una manera general, es pot indicar que el senglar és una espècie omnívora amb un ampli espectre tròfic i amb uns costums marcadament estacionals que li permeten aprofitar els



recursos que ofereix cada estació i ecosistema. La dieta està composta generalment per elements d'origen vegetal encara que també hi ha una part significativa d'origen animal (invertebrats fonamentalment). És de destacar que encara que els senglars consumeixin una gran quantitat d'aliments d'origen vegetal, es tracta d'una espècie amb un estómac monogàstric, amb prou feines poden assimilar el 30% de la proteïna. El senglar remou terra amb el seu musell a la recerca d'aliment, deixant-hi una marca característica. L'activitat de fotjar el sòl és màxima a l'hivern i mínima a l'estiu (Cahill et al. 2003). Les femelles gestants solen fotjar en major mesura que els mascles (Fernández-Llario, dades inèdites). Durant la primavera, gran part de la fracció vegetal l'aconsegueixen pasturant.

El senglar és una espècie en la qual el moment de l'ovulació de les femelles està fortament correlacionat amb l'època en què aconsegueixen adquirir una condició física mínima (Fernández-Llario i Mateos-Quesada, 1998). En els ecosistemes mediterranis això sol succeir principalment a finals d'octubre i principis de novembre (Sants et al. 2006). En condicions normals, el període de concepció més important és el que va entre els últims dies d'octubre i els primers de novembre (Fernández-Llario, 2005a). Les femelles solen sortir en zel per primera vegada quan arriben als 30 kg de pes, moment que se sol correspondre amb una edat propera als 10-11 mesos (Sáez-Royuela, 1987). No obstant això, cal indicar que moltes femelles d'aquesta edat poden veure retardat el seu primer zel fins que no tenen un any i mig d'edat si l'ambient en el qual es desenvolupen no aporta prou (Fernández-Llario i Mateos-Quesada, 2005).

El nombre mitjà de ventrada fetal és de 3,5 en zones mediterrànies (Fernández-Llario et al. 1999). Tanmateix hi ha important variació geogràfica en aquesta variable. Les estratègies reproductives del senglar estan adaptades a les condicions variables dels ecosistemes. Els naixements es duen a terme en paridores excel·lentment preparades per les mares. La major part d'aquests nius de cria es troben a les zones més assolellades dels vessants, en les rodalies de punts d'aigua i en llocs on la cobertura vegetal és abundant (Fernández-Llario, 2005b).

El senglar pot arribar 10-11 anys de vida, però la majoria no supera els tres anys. Els senglars solen formar grups de grandària i composició variables. S'observen grups de mascles adults tot l'any. També s'observen grups de subadults tot l'any, majoritàriament formats per mascles. Grups mixtes d'adults i subadults són més abundants durant el període d'aparellament i gestació (Fernández-Llario et al. 1996).

S'ha pogut observar que els mascles adults de senglar, en l'època del zel, se solen banyar en llocs on hi ha abundant fang, aconseguint d'aquesta manera que una gruixuda capa d'aquest material (fonamentalment argila) recobreixi els seus cossos. El senglar organitza la seva vida al voltant de les anomenades unitats familiars. Aquestes les componen generalment una femella adulta de gran experiència que fa les funcions de líder i a la qual secunden altres femelles adultes possiblement emparentades amb ella. Al costat d'aquest nucli es desenvolupen les cries, tant mascles com femelles, d'aquest any, i a més també viuen a l'interior del grup les femelles subadultes que van néixer en la temporada anterior (Martínez-Rica et al. 1976; Martínez-Rica 1981; Fernández-Llario et al. 1996). A la perifèria d'aquests grups es troben els mascles adults

i els subadults. Els primers s'inclouran en les unitats familiars en els moments del zel, provocant l'expulsió de les cries mascles de l'any anterior.

#### *4.4.2. Els precedents: control sobre la biologia i comportament de les espècies salvatges*

La domesticació i la ramaderia inicial impliquen tota una sèrie d'accions noves que engloben la captura de l'animal, la seva doma, la formació d'unitats socials cohesionades, acostumar aquests animals a un nou règim dietètic i mantenir-los sans fins que siguin madurs i puguin reproduir-se (Wilkinson 1974). Es presenten a continuació cada un d'aquests aspectes integrant les característiques de l'espècie i les accions i processos de treball desenvolupats per les comunitats humanes que poden haver tingut repercussions sobre les pautes d'esforç i mobilitat dels animals durant la domesticació animal i primers moments de desenvolupament de la ramaderia.

##### 4.4.2.1. Captura de l'animal viu

Son varies les causes que poden haver despertat interès en les societats caçadora i recol·lectores de mantenir els animals en estat viu, en captivitat. Entre aquestes es destaca el paper que poden tenir els animals vius com a reserva de carn fresca, endarrerint el seu sacrifici i reduint els costos de l'activitat diària de cacera. El requisit seria mantenir aquests animals salvatges en captivitat, per mitjà de lligar-los o tancar-los (Svizzero 2016). Vigne et al. (2011) descriuen també processos complexos de transport d'animals des del continent (Anatòlia, vall mitjana de l'Èufrates) a l'illa de Xipre a inicis del PPNB amb l'objectiu d'introduir-los i de disposar de noves espècies en aquests territoris, ja sigui de cara a la seva cacera o gestió ramadera. Aquests processos, que impliquen prèviament la captura de l'animal viu, es documenten de forma reiterada en diversos moments de la Prehistòria a diverses illes del mediterrani (Zeder, 2008). Darrerament s'ha remarcat també el paper que l'explotació làctia podria haver tingut com a base de la captivitat.

La captura de l'animal viu s'ha pogut realitzar a partir de diverses tècniques. Un aspecte important de cara al manteniment posterior de l'animal en estat viu es que el mètode de captura emprat no impliqui impactes negatius, com ara lesions corporals o estrès excessiu (Svizzero, 2016). L'ús de trampes pot ser un mètode adequat per a la captura d'espècies de talla petita. Pels animals de talla més gran, com son les espècies treballades en aquesta tesi, seria més efectiva la seva conducció cap a espais tancats, seguint el mètode que es feia servir, per exemple, per a la cacera de gaseles (Nadel et al. 2010; Bar-Oz et al. 2011). Aquest mètode consisteix en dirigir i restringir el moviment dels animals cap a una estructura tancada, impedit la seva fugida. Aquestes estructures de conducció i corral es documenten en ambients molt diversos, constituint un procediment àmpliament utilitzat per a la cacera de diverses espècies, si bé la documentació existent indica que s'utilitzava sobretot per caçar ramats de grans herbívors durant l'època de migració. Tenint en compte el caràcter gregari de cabres i ovelles salvatges la seva captura mitjançant aquest mètode seria viable. En aquest cas, com que

l'objectiu no seria la cacera, es poden construir estructures addicionals i proporcionar als animals en aquestes estructures aliments o minerals que pugin ser atractius com la sal o determinades espècies cultivades (Svizzero 2016).

#### 4.4.2.2. Constitució dels ramats i control del moviment i desplaçaments

El comportament de les espècies salvatges és resultat de la selecció natural i adaptació a condicions específiques de l'ambient. En algunes espècies han evolucionat els seus patrons conductuals com a conseqüència de l'explotació de l'hàbitat, recursos alimentaris o condicions del clima molt específic. La seva domesticació implica viure en un nou ambient que pot diferir àmpliament del natural. Els animals domèstics poden veure afectada la seva vida per factors físics i biològics, així com per restriccions socials i espacials, i pel contacte amb noves espècies, incloent a humans (Sampedro et al. 2010). En alguns casos aquestes noves condicions poden tenir efectes negatius sobre alguns comportaments naturals, com els vinculats a la defensa i a la protecció. El mode de captura i el número d'animals que conformen el grup afecten al comportament social. Les interaccions es poden veure afectades pel rang relatiu dels animals dins del grup. La conducta social té per tant un paper important en la conformació dels ramats.

Els principis de comportament per al moviment dels ungulats es basen en conductes innates i instintives de defensa contra els predadors (Grandin i Dessing, 1998). El bestiar salvatge o semi-salvatge pot ser ajuntat fàcilment si s'indueix als animals el comportament natural de mantenir-se units. Un principi bàsic és que els animals de genètica fugissera, excitable, han d'enfrontar-se a les noves experiències de manera més gradual que els animals de genètica mansa. La por els mou a estar permanentment vigilants per escapar dels predadors i és un gran factor d'estrès (Grandin, 1997). Una de les majors diferències entre les espècies animals salvatges i les domèstiques és que les primeres tenen nivells més grans de temerositat i reaccionen més intensament davant de canvis en l'entorn (Price, 1998). Espècies com el bisó i l'antílop nord-americà són tan temeroses que de vegades es lesionen greument quan se'ls restringeix el moviment.

Les diverses espècies domèstiques tenen diferents característiques de comportament de cara a la seva gestió. Hi ha espècies que tenen més tendència a seguir a la gent o als animals líders, i de vegades és més fàcil entrenar-les. Hi ha espècies que també tendeixen a ajuntar-se en un ramat més compacte que d'altres. El concepte de la distància de fugida (Hediger, 1968) es important en aquest sentit. A partir d'una gestió més directa es pot aconseguir que la distància de fugida desaparegui per complet. Aquesta eliminació artificial de la distància de fugida és el resultat del procés d'amansiment.

Es pot aprofitar el comportament natural de seguiment que té el bestiar per facilitar els seus moviments. El valor dels animals líders es fonamental. Varis estudis etnogràfics mostren com l'ús animals líders permet integrar animals salvatges als ramats (Roche, 1988). Un altra característica que aquests estudis mostren com a positiva es que les persones responsables passin temps amb els animals. Els pastors noruecs de rens estan en contacte estret amb els seus animals, i aquests associen les olors i els sorolls dels pastors amb la serenitat (Paine, 1994). Els

membres de la tribu Fulani de l'Àfrica no tenen cavalls, cordes, morrions ni corrals (Lott i Hart 1977). Les seves vaques són completament manses i no tenen zona de fugida. En comptes de perseguir als animals, el pastor es converteix en un membre del ramat, i el bestiar el segueix (Lott i Hart 1979). Els nòmades Fulani aprofiten els comportaments naturals dels animals per controlar-los: el seguiment, la dominància, la submissió i la neteja mútua. Els mètodes dels Fulani per al maneig de bestiar en ramat també són aplicats per altres tribus africanes, com els Dinka (Deng 1972) i els Nuer (Evans-Pritchard 1940). Les tribus menys transhumants fan servir corrals, però els seus animals també són totalment mansos i no tenen zona de fugida.

És una pràctica habitual barrejar cabres i ovelles juntes en un ramat amb l'objectiu de que alguna cabra adulta experimentada faci de líder i condueixi les ovelles cap a les pastures. Les cabres solen mantenir-se unides en un ramat mixt. Són les primeres a seguir un líder. Es mouen una mica més lentes que les ovelles quan pasturen i solen mantenir-se darrere del ramat; també prefereixen penya-segats i paratges rocosos, mentre que les ovelles prefereixen els terrenys plans. En absència d'un pastor, les ovelles i les cabres aviat es separarien.

El moviment dels animals és un procés altament complex, que implica valorar tot un seguit d'aspectes de diferent naturalesa. El desplaçament dels animals va lligat moltes vegades a implantar estratègies mòbils que permeten optimitzar l'eficiència de l'alimentació (Zhao i Jurdak 2016). En determinats entorns, sobretot els de zones semiàrides i àrides, l'alimentació d'algunes espècies depèn de la mobilitat del ramat per optimitzar la disponibilitat de farratges. Això implica una programació estacional i anual dels desplaçaments. La mobilitat del bestiar està influenciada principalment per la variabilitat estacional de la quantitat d'herba, qualitat i palatabilitat, l'accés a l'aigua, les condicions meteorològiques (precipitacions, presència de neu, temperatura i vent) i la prevalença de plagues i depredadors, característiques topogràfiques, tradicions, infraestructures i marc polític i social, però també per decisions humanes individuals (Jordan et al. 2016). Les distàncies diàries i les mides de les zones de pastura utilitzades depenen de les preferències d'alimentació de cada espècie i l'accessibilitat de les pastures. Les característiques topogràfiques com els pendents escarpats i la coberta de poden limitar el radi de pastura del bestiar. Les condicions climàtiques varien segons la latitud i l'altitud i donen com a resultat zones ecològiques diferents. L'augment de la latitud i l'altitud solen correspondre amb una producció de biomassa augmentada, però no necessàriament amb una qualitat nutritiva més elevada de les pastures (Zemrich et al. 2010).

Segons sigui la forma de cria i alimentació, intensitat i regularitat dels desplaçaments es diferencia entre:

- Regim intensiu: implica un confinament d'animals, un alt nivell de gestió i alimentació extraordinària.
- Semi-intensiu (semi-pasturatge): els animals són parcialment confinats i es permet pasturar lliurement i tancament al vespre. Es proporciona suplement alimentari. Una variant es l'agropastoralisme, quan mantenen la ramaderia i cultiven les collites de manera complementària (residus de cultiu com a farratge per al bestiar, i el fems per potenciar la producció de cultius).

- Extensiu: sistema de producció basat en pastures externes. El pasturatge pot ser controlat o no.
- Pastoralisme (sistema extens): es practica la transhumància i el nomadisme.

El pastoralisme nòmada consisteix en un sistema pastoral “pur”, caracteritzat per una agricultura poc o nul·la i per una gran mobilitat de persones i animals a la recerca de pasturatge i aigua. El pastoralisme transhumant es basa en desplaçaments estacionals més o menys regulars des d'un assentament permanent.

#### 4.4.2.3. Control de l'alimentació

Un dels aspectes bàsics a controlar per tal de que la domesticació tingués èxit es l'alimentació de les poblacions salvatges. Tal com s'ha comentat anteriorment, la gestió del paisatge amb l'objectiu de que es converteixi en atractiu podria haver estat una de les estratègies practicades. La formació d'espais oberts i de clarianes es pot haver complementat amb el cultiu de les espècies preferides pels animals.

Cal remarcar com a aspecte a considerar que la pastura és també un fenomen conductual. Les noves tècniques de gestió poden haver tingut en compte aquests aspectes d'ordre conductual. El control de l'alimentació es va exercir probablement de maneres molt diverses, tenint en compte l'etiologia i fisiologia de cada una de les espècies descrites a l'apartat anterior. Baskin (1974) en la seva publicació *Management of ungulate herds in relation to domestication* assenyalava que aquest control s'exerceix, en els inicis de la ramaderia, aplicant tant les lleis naturals del comportament dels animals com els nous mètodes per entrenar els animals. Amb això s'estableixen noves regles de comportament. Un dels trets més favorables en aquesta línia es que les pastures estiguin concentrades o siguin compactes. En ramats compactes, els individus perden la seva independència d'acció i s'imiten entre si.

Les característiques de la localització i la qualitat de la pastura contribueixen a determinar la velocitat a la que es congreguen els animals quan senten perill. El bosc, per exemple, impedeix la propagació de l'excitació al ramat. Si la pastura no està concentrada, els animals es dispersen i el ramat pot desaparèixer. El nivell de resposta a la por depèn de l'excitabilitat dels animals i de la seva reactivitat. La excitabilitat caracteritza les poblacions en general; depèn tant de components genètics com de productes ontogenètics, en particular de les experiències de la població. L'excitabilitat també depèn de l'estat fisiològic de l'animal, és a dir, cansament o malaltia. Els animals malalts o cansats permeten l'aproximació progressiva. La reactivitat d'un animal sembla ser una característica individual, que depèn principalment dels animals coneguts amb situacions similars de por.

La resposta a l'ensurt és menor quan els animals estan dins d'un ramat. L'expressió de por depèn de la mida del ramat (Baskin 1970). Si la resposta d'espant és prou forta com per superar la protecció psicològica derivada d'estar en ramat, els animals busquen rescat fora dels límits dels ramats. A el primer animal en sortir-ne el segueixen els altres i es converteix en el líder. En els ramats de rens, el 20-29 % dels animals poden ser líders potencials, però en un ramat de 600

ovelles només es varen trobar quatre individus (0,7%) que presentessin un potencial de lideratge. A Turkmenia només es varen trobar entre 10 i 15 líders potencials entre 800 i 900 ovelles adultes de la raça Astrakhan. Per regla general, els líders adults són més importants en la gestió del ramat per la seva major experiència i solen tenir la capacitat d'evitar el perill. Els animals joves poden actuar d'acord amb reflexos condicionats de forma natural a diversos estímuls naturals, però els animals experimentats responen principalment al ramader i li permeten així gestionar el ramat. Els ramats d'animals juvenils són difícils de controlar. Tenen por fàcilment pel pastor i poden fugir en totes les direccions. El principal factor es aconseguir que el ramat es mantingui compacte. En terreny muntanyós o boscós, aquesta acció es més complexa.

La disponibilitat i la digestibilitat de les pastures són de gran importància en la selecció de l'animal. Hi ha però altres factors comportamentals d'igual importància (Kiley, 1974). El gust, la forma física de la planta, l'aprenentatge i altres factors confonen les preferències innates que puguin existir; i poden estar o no relacionats amb el valor nutritiu del material pasturat. Diferents espècies i fins i tot diferents individus fan la seva selecció per diferents motius. Entre aquests s'han de contemplar, per exemple, l'estadi de creixement de les plantes, parts específiques de la planta o la llargada de la planta. L'edat de l'animal i si les femelles estan embarassades o no també pot influir en aquesta selecció. El clima i la topografia influeixen també en el temps de pastura. La disponibilitat d'aigua en zones àrides determina també freqüentment els patrons de pastura del bestiar boví, oví i caprí. Les ovelles no solen pasturar, per exemple, en terrenys inclinats o fora de zones protegides quan fa mal temps.

#### 4.4.2.4. Control de l'energia i força de treball

La utilització dels animals com a mitjà de transport i tracció implica, a més del seu manteniment en estat viu, el seu entrenament de cara al desenvolupament d'aquestes activitats. Aquestes activitats es poden concentrar en una època de l'any i durant el seu decurs. El número d'animals d'un ramat destinat a aquestes tasques pot ser variable. Alguns autors han proposat que en els inicis de la seva explotació amb aquest objectiu la seva propietat era col·lectiva (Goulder 2016). Les principals tasques en les que aquests animals poden estar implicats són el tir o tracció i transport (persones, bens materials, aigua). Les espècies utilitzades poden ser molt variades, encara que sempre s'ha tendit a emfatitzar amb aquests objectius els camèlids, bovins, cèrvids, gossos i equins.

Una de les causes principals que s'ha atribuït a la seva adopció durant la prehistòria es com ajuda en les tasques agrícoles (preparació dels camps). L'objectiu era aconseguir força suplementària, augmentar la producció. Devia ser important en els primers moments del neolític de cara a l'obertura de nous sòls, el seu reemplaçament quan aquests s'esgotaven o quan hi havia necessitats d'augmentar la superfície cultivar. El seu ús va permetre probablement concentrar les tasques en èpoques concretes de l'any, quan les condicions ambientals podrien ser més favorables. En el cas dels toros, s'ha vinculat en alguns casos el desenvolupament d'aquestes tasques a la seva castració. En tot cas, els animals castrats devien ser probablement una petita proporció dels animals del ramat. En general, en ramaderies tradicionals, es destinen

a aquesta activitat més macles que femelles. Treballs etnogràfics mostren que el procés d'entrenament pot durar correntment entre 1 i 3 mesos i que s'utilitzen per aquestes activitats una mitjana de 5 anys. Impliquen normalment el seu cuidat més intensiu i l'aportació d'aliment extraordinari.

Per a la seva selecció devien ser importants característiques com la capacitat i la potència (Watson, 1981). Per tal de moure qualsevol objecte, un animal ha d'exercir una força igual al pes o la resistència d'aquest objecte. Si el moviment es realitza estirant, en lloc d'aixecar o portar, la força es diu tir. La capacitat de calat d'un animal augmenta amb el seu pes. Una regla generalment acceptada és que un animal pugui exercir una empenta constant sobre una càrrega que equival, aproximadament, a la dècima part del seu pes corporal. Un bou de 300 kg, per exemple, pot tirar d'un tronc de 30 kg durant tot el dia, però si se li fan estirar 130 kg, només funcionarà tres o quatre hores (Watson, 1981). Un animal de tir ha de ser capaç de produir ràfegues de força extra i treballar a un ritme constant. En condicions normals, es pot requerir 30 kg de força per tirar un tronc, però si s'ha d'arrossegar cap a un turó o si el tronc s'aconsegueix en un barranc, augmenta la força necessària (requeriment de tir). Els cavalls, les mules i els bous són animals de tir preferits, ja que poden extreure càrregues a llargues distàncies a velocitats raonables i, quan sigui necessari, proporcionen una capacitat de tracció addicional (Watson, 1981). La potència és la combinació de capacitat de tracció i la velocitat o ritme. En condicions normals, un cavall gran arrossegarà una càrrega de 70kg a una velocitat constant de 4 km/h. Un toro del mateix pes, tirant de la mateixa càrrega, assumirà un ritme normal de 2.5 km/h. Al final d'un dia de vuit hores, el cavall haurà avançat més la càrrega o produït més treball que el bou (Watson, 1981). Els animals varien no només per la seva capacitat de tirar càrregues, sinó també pel nombre d'hores que treballen. Els treballs que requereixen freqüents "esforços màxims" (tirar una arada per un sòl arrelat o rocós; tirar d'un pes per un terreny accidentat) cansa ràpidament els animals. En el cas de la tracció, una variable important pel desenvolupament de la tasca es l'angle que formen la línia de tracció i el terra. A mesura que l'angle entre la línia d'atracció i el terra es fa més agut, es necessita menys potència per moure la càrrega. Les ases i el bestiar de potes curtes poden produir més potència del que el seu pes indicarien perquè estan més a prop de terra.

La selecció dels animals ha de tenir en compte els atributs tant físics com de comportament, l'estat de salut, les possibilitat d'entrenament, l'edat, el sexe, la conformació i el temperament. Els bous normalment treballen entre els tres i els quatre anys. Abans dels tres anys, els bous tenen poca potència, i el treball dur pot influir en el seu creixement o provocar un desenvolupament anormal d'os i músculs. Després dels quatre anys, els animals poden ser difícils de manejar i entrenar doncs s'han d'eliminar els hàbits adquirits fins ara abans que es puguin fer servir (Watson, 1981).

El sexe té una incidència en el poder i el temperament dels animals de tir. Per regla general, els mascles solen ser més grans, més potents i més difícils d'entrenar que les femelles. Estudis realitzats amb bestiar africà han demostrat que dins de la mateixa raça i franja d'edat, els mascles solen tenir un pes entre 50 i 100 kg més que les femelles i poden treballar el doble de temps durant un dia determinat (Watson, 1981). Els exemplars mascles solen ser però més difícils d'entrenar. En aquestes circumstàncies, els animals són castrats a l'edat d'un any i mig

per tal de fer-los més dòcils. Tanmateix, no hi ha acord sobre el valor de la castració. Alguns agricultors consideren que això fa que els animals siguin mandrosos o que interfereixin amb el seu desenvolupament físic.

El temperament es reflecteix en el comportament d'un animal, la forma en què es mou i actua i la manera en què reacciona davant les coses que l'envolten. L'animal pot mostrar signes d'agressió, retirada, tossuderia, por o ansietat general. El caràcter d'un animal es fa més clar després de l'entrenament. L'entrenament d'animals de tir consisteix en ensenyar-los a obeir els ordres i tirar càrregues. Es considera entrenat un animal quan respon constantment a les ordres. Molts factors influeixen en la taxa d'aprenentatge: espècie i raça, temperament individual, salut i condició, tipus d'equipament que s'utilitza i habilitat, paciència i persistència de la persona que entrena (Watson, 1981).

#### 4.4.2.5. Control de la reproducció del ramat

La gestió de la reproducció integra el conjunt de pràctiques que s'utilitzen en ramaderia i les decisions sobre quins animals se'ls permet reproduir i quins no. Consisteix en seleccionar els animals de cria, control de l'aparellament, l'eliminació d'animals no desitjats del ramat i la decisió sobre quants mascles es necessiten per la reproducció (FAO, 2009). El control de l'aparellament pot ser temporal o a llarg termini. Aquest últim pot incloure la castració i l'eliminació de possibles reproductors. Algunes societats utilitzen un control d'aparellament molt rígid per obtenir una proporció de mascles i femelles específic o per assegurar la selecció de qualitats particulars dels animals.

La hibridació es un procediment derivat d'aquest control. Els Maasai, per exemple, introdueixen deliberadament nou germoplasma en els seus ramats mitjançant intercanvis d'animals dins la comunitat. Tot i així, a vegades aquests genotips millorats pateixen altes taxes de mortalitat (Laswai et al. 2004). Els trets seleccionats poden estar lligats a la producció o bé poden respondre a altres interessos com per exemple la capacitat de fer front a determinades malalties, capacitat de defensar-se dels depredadors, ... De totes maneres, l'opció més practicada es intentar mantenir els trets adaptatius que els permetin fer front a les condicions locals: aliment, clima i característiques ambientals específiques com el sòl pedregós o pantanós, o altituds elevades. Si es van desplaçant dels seus entorns originals durant diverses generacions, els animals poden arribar a perdre les característiques que els permeten sobreviure (FAO, 2009). Les ovelles del Nord Ronaldsay de les illes Orkney d'Escòcia, per exemple, estan adaptades a una dieta d'algues marines. Si els animals es transfereixen a altres ambients, on la dieta és diferent, la selecció natural elimina l'adaptació que fa que la raça sigui única (Woolliams et al. 2008). Altres exemples de selecció són els criadors de camells del desert del Thar o els criadors de búfals Toda a les muntanyes Nilgiri, que mantenen els ramats el màxim possible en condicions salvatges amb l'objectiu de que els animals pateixin de manera continuada la pressió selectiva natural, mantenint els seus trets adaptatius i permetent-los adaptar-se més fàcilment a les condicions de canvi. Un altra estratègia adoptada per alguns grups de ramaders per millorar els trets adaptatius és creuar les femelles domèstiques amb mascles salvatges. Aquest es el cas,



per exemple, de ramaders a les àrees rurals de Sri Lanka, que creuen les truges domèstiques amb els porcs senglars (FAO, 2009).

#### 4.5. Proposta metodològica desenvolupada en aquest estudi

El concepte de domesticació representa tot un conjunt de processos implicats en el control de les poblacions d'animals salvatges per tal d'adaptar la seva producció a les necessitats humanes a curt i a llarg terme i que va lligat, en essència al control de la reproducció. L'aparició dels animals domèstics s'associa habitualment a l'aparició de determinats caràcters que posen de manifest les pressions selectives humanes sobre determinades poblacions d'animals, però és evident que les pressions selectives són anteriors a la manifestació d'aquestes característiques concretes. En aquest sentit, és extremadament difícil identificar una gestió primereca del ramat, que es fonamenta principalment en la caracterització de la forma d'explotació. Ara bé, tal com els caràcters domèstics triguen a aparèixer, les estratègies de gestió animal primerenques són difícils de distingir d'algunes estratègies de caça. En aquest sentit, aquest treball persegueix la caracterització de l'adaptació dels animals a una nova forma de vida controlada i limitada per l'acció humana. Els ossos, doncs, tenen la capacitat d'adaptar-se al seu entorn mecànic, que es defineix tant a partir del seu propi moviment com de les característiques de l'espai on habiten. El canvi d'un mode de vida salvatge a un mode de vida domèstic (per bé que, de fet, n'és més d'un) s'hauria de poder identificar a partir de l'estudi del desenvolupament diferencials dels ossos.

Amb aquest objectiu en ment, s'ha considerat oportú caracteritzar primer els hàbits de mobilitat, i amb això les propietats mecàniques dels ossos d'una població salvatge. Aquest pas, ens ha servit per caracteritzar, en la població de *Capra aegagrus* estudiada, les diferències o semblances de mobilitat entre mascles i femelles i individus joves i adults propis d'una població salvatge, així com també l'adaptació mecànica pròpia de cadascun dels dos ossos analitzats (húmer i tibia), per tal de plantejar quina és la millor manera de reflectir i utilitzar millor la seva variabilitat.

A partir d'aquí s'han plantejat diverses aspectes de la domesticació posant el focus d'atenció principal en el control humà de les poblacions d'animals apropiades i els seus efectes sobre aquestes.

En aquest sentit, es planteja l'anàlisi sobre l'estatus de domesticació i l'explotació del porc al jaciment de tell Halula a partir de la seva caracterització biomètrica, morfològica (geometria morfomètrica) i patològica (Hipoplasia). A continuació s'avaluen els patrons de mobilitat dels caprins a tell Halula, posant especial atenció en com els diferents graus de control del ramat es modifiquen progressivament l'esquelet de la població domèstica del jaciment i la diferència de les poblacions salvatges a la vegada que s'aborden les possibles diferències de mobilitat entre ovelles i cabres. El grup de control salvatge ha servit per establir una línia base d'interpretació. Per últim, es planteja una situació de domesticació plena de *Bos taurus*, resultat d'uns quants mil·lennis d'experiències ramaderes, als jaciments de la Draga i Cova de les Pixarelles per tal d'avaluar com les diferents estratègies d'explotació implementades a aquests dos jaciments es reflecteixen en el desenvolupament dels ossos dels animals explotats.

#### 4.5.1. Confecció de referencials moderns de *Capra aegagrus*

La utilització de referencials són una eina clau per ajudar a interpretar els resultats obtinguts a partir de qualsevol anàlisi científica. En aquest sentit, s'ha procurat obtenir diversos elements de referència adequats a les variables que es volen analitzar. En la part d'aquest treball focalitzada en l'avaluació de les pautes de mobilitat dels ramats de cabres, s'ha incorporat l'estudi i caracterització d'un grup de *Capra aegagrus* provinent de diversos punts de l'àrea geogràfica d'estudi.

La mostra seleccionada incorpora una selecció de 24 fragments distals d'ossos, entre tíbies i húmer de mascles i femelles d'edat adulta i en proporcions iguals. Les restes provenen del fons de col·leccions del Chicago Field Museum i es descriuen en major detall en l'apartat de resultats.

El tractament d'aquestes restes s'ha realitzat íntegrament a partir de les imatges de tomografia computada facilitades pel Luo Lab i utilitzant el software Avizo v. 7.0.

Els dades específics sobre la resolució utilitzada i paràmetres d'escaneig utilitzats es detallen a continuació:

Per tal d'incorporar de forma efectiva en l'estudi aquests referencials, les parts esquelètiques seleccionades s'han caracteritzat en base a l'os, el sexe de l'animal i la seva edat mitjançant els procediments arqueozoològics habituals, descrits en el punt 4.4.2. i mitjançant també les seves propietats mecàniques segons els procediments descrits en el punt 4.4.4.

L'amplada de l'epífisi distal (Bd) i l'amplada de la tròclea (BT) s'han pres seguint els criteris de Von den Driesch (1976) i l'alçada màxima i l'alçada mínima de la tròclea s'han pres seguint els criteris definits per Helmer (1995) mitjançant l'eina de mesura digital incorporada en el programa Avizo.



**Figura 9** *Capra aegagrus*. A l'esquerra, húmer. A la dreta, tíbia. El punt negre marca el punt de tall per a la secció transversal

El sexe dels espècimens seleccionats s'ha incorporat a l'estudi a partir de la informació proveïda pel Chicago Field Museum. Així mateix, l'edat dels espècimens seleccionats s'ha definit a partir de l'estudi de l'estadi de fusió dels diferents ossos dels seus esquelets complets realitzat per Zeder (2006), fet que ha permès treballar amb categories d'edat precises.

Per tal de calcular les propietats mecàniques de cadascun dels ossos, s'ha extret una secció transversal de les diàfisis en els punts definits per a l'estudi de la població arqueològica. En el cas dels húmer el tall es realitza al final de la depressió de la fossa olecraneana sobre la diàfisi distal en el punt d'inici aproximat del múscul anconal. En el cas de les tíbies, el tall es realitza prenent com a referència l'estretament de la part distal de la diàfisi, tal com es mostra en la figura 9. A partir d'aquestes seccions es mesura l'àrea

de la cortical, l'àrea total de la secció, l'amplada i alçada de la secció i l'amplada i l'alçada del canal medullar.

A partir d'aquests valors es calculen les propietats mecàniques dels ossos en el punt de la secció, definits per la quantitat relativa de massa cortical, els moments anteroposterior i mediolateral i el moment polar de l'àrea. Aquestes magnituds, soles o en forma d'índex relatiu (quantitat relativa de massa cortical i índex de circularitat) permeten quantificar la resistència de l'os a les forces de compressió, flexió i torsió rebudes en el punt de la secció així com observar la seva distribució al voltant de l'eix principal de l'os. Partint de la llei de Wolff, les propietats mecàniques de l'os són, en bona mesura, resultat del processos de remodelació propis de l'os realitzats en resposta a la recepció d'estímuls mecànics.

La disponibilitat d'aquestes dades permet traçar les respostes adaptatives dels ossos d'una població salvatge de cabres, fet que ens dona una idea clau sobre el comportament en llibertat de l'espècie.

#### 4.5.2. Arqueozoologia

##### 4.5.2.1. Classificació de les restes

La classificació taxonòmica i específica preliminar de les restes s'ha realitzat a partir de la col·lecció de referència del Laboratori d'Arqueozoologia de la Universitat Autònoma de Barcelona i mitjançant bibliografia especialitzada diversa (Barone 1976; Schmidt 1972).

En el cas dels suïds, el criteri principal per separar entre els restes de *Sus domesticus* i *Sus scrofa* és la talla de l'animal. En aquest sentit, les dificultats per establir una diferenciació clara entre l'agriotip salvatge i el domèstic és una de les qüestions que ha motivat l'aplicació de la geometria morfomètrica per tal de millorar la precisió d'aquesta separació. La metodologia emprada en aquesta línia es descriu de forma més precisa en el següent apartat. La utilització del *Centroid size*, que resumeix la mida de l'objecte analitzat a partir d'una determinada configuració de landmarks, s'ha utilitzat amb èxit per establir diferències de mida significatives en poblacions de porcs (Evin et al. 2014). L'anàlisi de la forma de les segones i terceres molars de *Sus sp.* permet, a més, distingir poblacions de porcs domèstics durant els primers estadis de domesticació.

En el cas dels caprins, la selecció de les diferents mostres de *Capra sp.* i *Ovis sp.* ha requerit la tria de les restes òssies d'entre el conjunt de fauna de Tell Halula i, per tant, ha resultat necessari distingir entre les diverses espècies morfològicament properes documentades al jaciment. A tal efecte, s'han utilitzat els criteris definits per Boessneck (1980), Payne (1985), Prummel i Frisch (1986), Halstead, Collins i Isaakidou (2002), Balasse i Ambrose (2005), i Zeder i Lapham (2010). Així mateix, la classificació morfològica d'algunes d'aquestes restes s'ha validat mitjançant la tècnica dels ZooMS (abreviació de ZooArchaeology by Mass Spectrometry), que permet identificar estadísticament algunes espècies de mamífers a partir dels pèptids del col·lagen.

Pel que fa a les distinció entre la forma domèstica i la salvatge, tant en el cas de les cabres, les ovelles com els bous, el criteri principal és la talla de l'animal, comparada dintre de la pròpia població utilitzada i amb poblacions arqueològiques de referència.

#### 4.5.2.2. Estimació de l'edat

L'estimació de l'edat dels animals s'ha realitat a partir del desgast dentari i l'estat de fusió de les diferents parts esquelètiques analitzades.

L'estat d'ossificació de les epífisis s'ha valorat en les quatre espècies analitzades, porc, cabra, ovella i bou, a partir dels criteris definits en els treballs de Barone (1976) i Silver (1969).

En el cas dels porcs, s'han establert les edats de sacrifici a partir del desgast dentari a partir dels criteris definits inicialment per Grant (1982) i revisats i optimitzats per Lemoine et al. (2014). Les categories d'edat definides per Lemoine inclouen  $\leq 1$  mes, 3-5 mesos, 6-8 mesos, 8-12 mesos, 12-16 mesos, 18-30 mesos, 30-52 mesos, 52-72 mesos, 72-96 mesos, >96 mesos.

#### 4.5.2.3. Separació per sexes

La determinació del sexe de les restes analitzades ha permès avaluar la composició dels ramats de les diferents espècies analitzades. El criteri de diferenciació principal que s'ha utilitzat ha estat el dimorfisme sexual present en les espècies analitzades. Les mesures preses sobre les diferents restes analitzades s'han evaluat a partir d'Anàlisi de Component Principal (ACP) i *myxture analysis* incorporant mesures de referència de mascles i femelles coneguts.

#### 4.5.2.4. Anàlisi biomètrica

Els diferents criteris per separar entre mascles i femelles i domèstics i salvatges es fonamenten en la mida dels espècimens analitzats. La quantificació de la mida es realitza a partir de les mesures lineals preses sobre les restes òssies segons els criteris definits per Von den Driesch. Així, l'anàlisi biomètrica de les restes permet descuire les característiques físiques de l'animal i la persistència de determinats caràcters en les poblacions analitzades. En el cas dels hùmers s'ha utilitzat també les alçades màxima i mínima de la tròclea segons els criteris definits per Helmer et al. (1995). En el cas dels suïns, s'ha incorporat també la mesura de les amplades anterior i posterior de les molars analitzades, segons els criteris definits per Albarella i Payne (2005).

Les característiques de les diferents restes òssies analitzades s'ha explorat a partir de l'ACP, *mixture analysis* i la tècnica del log size index.

La tècnica del log size index permet estandarditzar mesures de diferents ossis en relació a una població de referència per poder-les comparar. S'ha aplicat en base a diferents poblacions de referència, seguint els criteris descrits per Meadow (1999). En el cas dels porcs, s'ha utilitzats

les mesures d'una població de porc senglar provinent de Kizilcahaman, a Turquia, publicades per Payne i Bull (1988). En el cas dels bous s'ha utilitzat les mesures de la població de bous de la Camarga publicades per Helmer et al. (2018)

Biometric data was used to characterise the size variability of tell Halula's pigs among older, contemporary and more recent cites from Southwest Asia using the Log Size Index (LSI) technique. The available measurements were normalised by a logarithmic function and then standardised to a reference population of wild boar following the normal procedures as Meadow (1999) described. The standards used to calculate the values are taken from Payne and Bull (1988) and are based on a wild population of 18 boars from Kizilcahamam, in Turkey, which includes both male and female specimens.

Per tal de valorar si les diferències apreciades eren significatives s'ha utilitzat el test de Kruskal-Wallis, amb el llindar de significació a  $\alpha=0.05$ .

#### 4.5.2.5. Registre de patologies òssies

L'estudi de les patologies òssies permet valorar l'estat de salut dels conjunts analitzats, així com valorar les possibles causes darrera la seva aparició. En general, les afectacions patològiques registrades s'han identificat d'acord a la presència d'alteracions en la superfície i morfologia de l'os normal. El registre de les patologies ha tingut dos focus principals, els porcs i els bous.

En el cas dels porcs s'ha registrat les evidències de marques d'hipoplàsia en la dentina. La hipoplàsia lineal de l'esmalt (LEH) és una patologia bucal relacionada amb diferents factors d'estrès ocorreguts durant el creixement d'un ésser viu, manifestant-se en una deficiència en el creixement d'un teixit calcificat. En el cas de les dents, es presenta com una deficiència del gruix de l'esmalt que es produeix durant el procés de formació de la corona. Es pot reconèixer per la presència de línies macroscòpiques o depressions visibles en la corona de la dent.

Els ameloblasts, cèl·lules productores de l'esmalt, són molt sensibles a les alteracions fisiològiques, de manera que poden disminuir o inclús parar la seva producció provocant l'aparició de LEH. Una vegada finalitza la interrupció de la producció d'esmalt, els ameloblasts tenen la capacitat de recuperar-se i tornar a secretar-ne, però tota interrupció produïda durant la formació de la corona de la dent haurà quedat registrada de forma permanent, ja que un cop l'esmalt madura no es remodela. Aquest fet ens representa una seqüència cronològica clara, de manera que les marques d'hipoplàsia formades més a prop de la cúspide de la dent corresponen als moments inicials de la formació de la dent

Les principals causes d'aquesta patologia són l'estrès fisiològic (com el naixement o el deslletament) i l'estrès de naturalesa infecciosa o nutricional (disponibilitat i qualitat dels aliments).

Donat que l'hipoplàsia lineal de l'esmalt es pot vincular a l'estrès durant el desenvolupament de l'individu d'una manera cronològica, pot ser una bona eina per obtenir informació del registre

arqueològic, ja que es pot relacionar amb les condicions ecològiques de l'entorn així com amb les pràctiques de cria dels animals al llarg del temps.

La metodologia emprada parteix de l'estudi desenvolupat per Dobney i Ervynck (1998) sobre diferents poblacions de porcs domèstics de diferents regions i cronologies, establint un precedent per a la presència de LEH en aquesta espècie.

L'estudi es realitza sobre les dents DP4, P4, M1, M2 i M3 tant de la mandíbula com del maxil·lar. Les marques d'hipoplàsia es visualitzaren, mitjançant una lupa binocular, per la superfície lingual de les dents, on la corona és més alta i plana, fet que facilita la visualització de l'afectació i la mesura de la seva posició. En aquest sentit, tal com s'ha dit, la posició de la patologia permet una aproximació al moment en el que es produeix la patologia d'acord amb el procés formatiu de la dent. S'ha utilitzat les dades sobre el procés de formació de la dentició publicades per Magdell i Carter (2007) per caracteritzar el moment d'aparició de l'afectació. La corona de la primera molar es comença a formar a l'úter i acaba de formar-se sobre els dos mesos, moment en el que s'inicia la formació de la corona de la segona molar. El desenvolupament de la segona molar acaba al voltant dels 9 mesos. La tercera molar es comença a formar entre els 5 i els 9 mesos i acaba de formar-se sobre els 18 mesos.

Les afectacions patològiques detectades s'han caracteritzat i quantificat en base al mètode definit per Dobney i Ervynck (1998) segons fossin solcs, línies o depressions i en 4 nivells d'intensitat. La morfologia de la marca d'hipoplàsia s'ha relacionat amb diferents condicions. Els solcs s'associen habitualment a traumes aïllats, les línies a períodes curts d'estrés elevat i les depressions a un estrés baix però prolongat en el temps.

En el cas dels bous s'ha realitzat un estudi intensiu de les alteracions òssies (Tonda, 2019), registrant la localització i posició de l'alteració (part esquelètica i posició en l'os) així com el tipus d'afectació. La caracterització de les patologies s'ha realitzat d'acord als criteris qualitius i quantitius desenvolupats per Bartosiewicz et al (1997), de manera que s'ha prestat especial atenció a falanges i metàpodes. En el cas de les falanges, s'han considerat el lipping, l'exostosi i l'eburnation, atribuint-los un valor de l'1 al 4 en funció de l'absència (1) o la intensitat de l'afectació (2, 3, 4). Per als metàpodes, s'ha considerat l'exostosi, la depressió palmar, l'extensió de la tròclea medial, el lipping proximal i la presència o absència d'eburnation. Així mateix, s'ha proposat (Tonda, 2019) una sistematització de les alteracions observades en les costelles, depressió i exostosi. La depressió s'ha definit en base a presència-absència (1 o 2, respectivament) i per l'exostosi s'han considerat quatre estadis d'intensitat.

Per tal d'avaluar sistemàticament i objectiva el grau d'intensitat de l'afectació s'ha calculat l'índex patològic individual de les falanges segons les fórmules proposades per Bartosiewicz. El càlcul és una equació senzilla que té en compte les puntuacions atorgades a cadascuna de les patologies observades. És calcula per a cada element esquelètic a partir de la suma de les puntuacions obtingudes per a cada patologia menys el número de patologies considerades, dividit per la suma de les puntuacions màximes. Un Index de 0 indica l'absència total d'alteracions òssies (Bartosiewicz et al. 1997, De Cupere, 2000). L'índex patològic resumeix el grau d'afectació de les restes òssies i és la mitjana dels índex patològics obtinguts per a cada os.

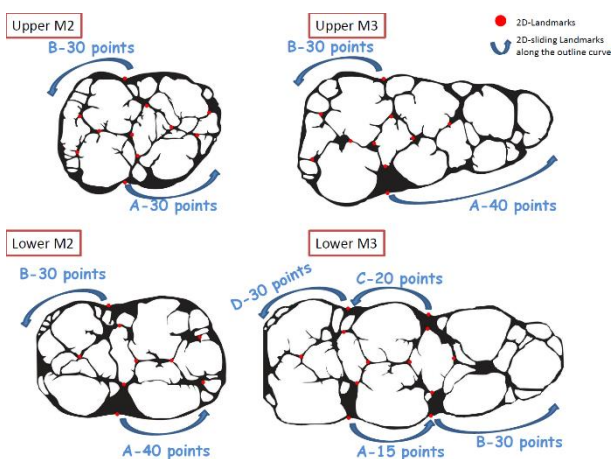
### 4.5.3. Morfometria geomètrica

L'anàlisi de la forma juga un paper fonamental en els estudis de caràcter biològic, paleontològic, antropològic, arqueològic, i en conseqüència, també en la zooarqueologia. Aquesta importància rau en la important diversitat de processos biològics que donen lloc a diferències en la forma: des de selecció natural a selectiva, passant per patologies, adaptacions locals o històries evolutives o ontogenètiques fins a qüestions de caràcter funcional. Totes elles, i d'altres, condueixen a diferències en forma que es poden analitzar. L'anàlisi de la forma pot ser purament qualitatiu, amb l'ús de descripcions i il·lustracions interpretatives, però també pot ser quantitatiu, amb l'ús de la (bio)morfometria per tal de quantificar en base a mesures (tradicionalment llargada, profunditat, amplada, però també angles, ratios, etc) aquesta morfologia. Aquestes mesures, però, sempre acaben sent un nombre finit del global de mesures que es poden prendre d'una geometria i reflecteix la dificultat en trobar els punts adequats on prendre aquestes mesures. En aquest sentit, la morfometria geomètrica va un pas més enllà al quantificar la forma, entenent que la forma, en geometries biològiques és molt complexa i supera la simplificació bàsica de línies, rectangles, circumferències i altres geometries sovint usades per comparar amb la geometria de l'objecte d'estudi. La morfometria geomètrica enlloc de cercar mesures (com fa la morfometria), cerca punts. Es tracta de punts anatòmics homòlegs entre els diferents especimens en estudi, que permetin comparar aquests punts entre ells. Aquests punts homòlegs s'anomenen landmarks (Zelditch et al. 2004). A més, quan parlem de morfometria a seques, les mesures incorporen la informació de la forma però també la mida del objecte d'estudi. Poder deslligar, quan interressi la mida de la forma és crucial per entendre quins patrons actuen en cada cas, per conèixer si és un creixement lineal o bé si hi ha patrons al·lométrics que puguin explicar les diferències en la forma i mida i per tant estudiar forma i mida de forma independent. En aquest sentit, la morfometria geomètrica aporta aquesta possibilitat d'estudi, entenent la forma com el conjunt de dos components: dimensió (mida) i conformació (shape). Cal, doncs, aprofundir en el concepte de forma. En morfometria geomètrica la forma es defineix com "tota la informació geomètrica que queda quan la localització, escala i efectes de rotació s'han eliminat de l'objecte d'estudi" (Kendall, 1977). En aquest sentit, la dimensió (mida) es defineix segons el tamany del centroide (el centre de l'objecte), que constitueix una estimació geomètrica de la dimensió de l'objecte en totes les direccions respecte el seu centroide, a diferència de les tradicionals mesures linears entre dos punts. Per altre banda, tal com s'ha esmentat, existeix la conformació (shape), que es caracteritza bàsicament per la seva propietat geomètrica (la posició relativa de les coordenades en l'espai). Actualment, existeixen múltiples programaris que permeten, a partir d'una imatge o model 3D, capturar aquests landmarks (en dos o tres dimensions) dels especimens en estudi i un cop obtinguts i eliminada la informació a la que feia referència Kendall (1977), obtenir el que se sol anomenar l'espai de Kendall: la forma tal com s'ha definit anteriorment i a partir del qual es pot realitzar l'estudi de la forma (amb independència de la mida si s'escau) i quantificar aquests canvis morfològics. Aquest, però, és tan sols el punt de sortida, a dia d'avui hi ha múltiples aproximacions metodològiques per analitzar la forma en base a una potent bateria d'estadístics. Esta fora del present treball aprofundir en totes elles i es dirigeix el lector interessat a treballs que ho cobreixen abastament (Adams et al. 2013; Cooke & Terhune, 2015).

L'estudi de la forma de les segones i terceres molars de la població de suïds de tell Halula es desenvolupa a partir del protocol estandaritzat desenvolupat per Evin i Cucchi (Cucchi et al. 2011; Evin et al. 2013; Evin et al. 2015) a partir dels fonaments teòrics plantejats per Strauss i Bookstein (Strauss i Bookstein 1982, Bookstein 1997) sobre els criteris de selecció dels landmarks idonis per a l'estudi de la forma d'elements biològics. Els punts escollits s'han de poder identificar de forma fiable en tots els elements estudiats i en el cas de l'anàlisi de la forma en 2D, els punts han de ser sempre visibles en el mateix pla.

En el cas que ens ocupa, els *landmarks* es posicionen sobre imatges de la superfície oclusiva de les dents preses seguint un protocol estricte. La dent es fixa de manera que el pla definit per la línia d'unió entre l'esmalt i la dentina quedi paral·lel al pla de la fotografia. Les fotografies es prenen amb una escala i la càmera es fixa a un peu de fotografia amb un nivell de bombolla per tal d'assegurar-ne la posició correcta. Les fotos d'aquest estudi s'han pres amb una càmera reflex Nikon D90 amb un objectiu micro (AF-S Micro Nikon 60 mm).

Per a la col·locació dels landmarks, s'ha utilitzat un protocol estandaritzat que combina *landmarks* i *sliding semi-landmarks* que es resumeix en la figura 10 (Evin et al. 2013)



**Figura 10** Protocol de col·locació dels landmarks i semi-landmarks utilitzat en aquest treball, seguint Evin et al. 2013. Autor de la imatge Allowen Evin.

Només s'utilitzen per a aquest estudi dents amb la corona sencera i neta (que es puguin apreciar els caràcters necessaris per posicionar els landmarks). S'utilitzen tant les dents de la mandíbula com del maxil·lar, esquerres i dretes, amb el benentès de que cadascuna de les dents correspon a un individu diferent. Quan peces dentàries de costats diferents s'inclouen, les imatges s'inverteixen per tal de fer-ne coincidir la forma i no provocar diferències de forma irrellevants per a l'estudi. La col·locació dels landmarks s'ha realitzat utilitzant el software tpsDig2 (Rohlf 2015).

La superimposició dels landmarks s'ha realitzat mitjançant un *Generalized Procrustes Analysis* (Rohlf i Slice 1990, Goodall 1995). Els *sliding semi-landmarks* s'han fet lliscar segons els criteris de la distància de Procrustes (Gunz and Mitteroecker 2013).

Per tal de caracteritzar la forma de les dents, s'ha utilitzat com a grup de control de forma salvatge un conjunt de molars de porc senglar provinents del sud-oest asiàtic, que permeten definir un rang de variabilitat precís per a la mida i la forma de les dents d'una població salvatge que podria haver habitat l'entorn del jaciment. El conjunt està format per 148 dents (38 M<sup>2</sup>, 38 M<sup>3</sup>, 43 M<sub>2</sub>, 29 M<sub>3</sub>).

Per tal de definir una probable població domèstica de referència al jaciment s'ha realitzat un *clustering analysis* de la mida dels porcs a partir dels valors logarítmics del Centroid Size de la mostra de Halula i de la mostra de control. El *Centroid size* és la mesura de mida utilitzada per



escalar la configuració de landmarks i resulta de l'arrel quadrada de la suma de variàncies dels landmarks sobre el centroide en les direccions x i y. El grup de referència domèstic s'ha establert a partir d'una diferència de mida significativa dintre de la població de suïds de tell Halula, escollint-ne el grup significativament més petit.

Les diferències de mida s'han explorat utilitzant un anàlisi de component principal i un anàlisi de validació creuada amb validació creuada amb percentatges a partir dels criteris definits per Evin et al (2013). Els resultats obtinguts es resumeixen en una taula de dades amb els percentatges d'atribució a cadascun dels dos grups definits (salvatge i domèstic)

De forma complementària les dades s'han explorat amb un *k-means clustering* sobre les dades de l'anàlisi de component principal de les coordenades superimposades de la forma, amb una predicció d'agrupació per a dos grups.

El llindar de significança s'ha col·locat a  $\alpha = 0.05$  (Hammer et al. 2001). L'anàlisi de geometria morfomètrica s'ha realitzat amb el paquet Morpho per a R (Schlager 2017).

#### 4.5.4. Biomecànica

##### 4.5.4.1. Aproximacions al registre de la (micro-)estructura dels ossos.

Més enllà de la seva definició biològica, podem entendre els ossos com qualsevol altre objecte tridimensional opac. Dit d'una altra manera, un cop desapareguts els músculs i altres teixits tous que els recobreixen, en podem apreciar la superfície i les seves característiques externes amb claredat.

Els objectius que persegueix aquest treball, però, requereixen l'apreciació de les característiques internes de l'os, de la seva (micro-)estructura, doncs és la composició d'aquesta el que en defineix les propietats mecàniques.

A partir de la proposta metodològica elaborada, s'esdevé la necessitat d'obtenir seccions transversals de les diàfisis que volem analitzar per tal de poder prendre les mesures pertinents de l'estructura interna. Aquest procediment té dues aproximacions possibles que podríem definir com destructiva i no destructiva.

Aproximació destructiva: tal com el seu nom indica, l'obtenció d'una secció transversal d'una diàfisi d'os implica una destrucció parcial de la mostra analitzada per tal d'obtenir-ne un tall que ens permeti mesurar de forma directa i amb una eina calibrada les mesures establertes.

El procediment bàsic és equivalent a l'utilitzat per a l'obtenció de làmines primes. Cal reforçar la part de l'os que tallarem amb algun tipus de resina per tal de reduir l'impacte de la serra i evitar fractures irregulars. Al mateix temps, s'ha de mantenir un registre de l'orientació anatòmica del tall i, també, procurar que la secció sigui perpendicular a l'eix longitudinal de la diàfisi. La làmina obtinguda s'ha de polir lleugerament per tal d'eliminar impureses o irregularitats en la superfície que puguin induir a error a l'hora de prendre les mesures.

Aproximació no destructiva: L'element fonamental que defineix l'obtenció de dades sobre l'estructura física de l'os sense causar-li danys visibles és la utilització de tècniques d'imatge amb raigs X. En aquest sentit, es poden emprar aparells de tomografia axial computeritzada de raigs X (TAC) o de tomografia computeritzada de raigs X (TC) per registrar digitalment la informació necessària per crear, en últim terme, un model tridimensional digital de l'os, a escala i amb les mateixes característiques estructurals internes i externes. L'ús d'un model digital elimina l'etiqueta d'un sol ús del procediment de seccionar ossos i permet, d'aquesta manera, replicar l'anàlisi i corregir errors de procediment.

En aquest sentit, la utilització de tomografia de raigs X per al registre de dades proporciona avantatges significatives en el procediment analític. Aquest fet se suma a la característica fonamental de les mostres que s'analitzen en aquest treball, es tracta de restes arqueològiques. I, per la seva condició patrimonial irremplaçable, cal prendre sempre totes les mesures possibles per no provocar-hi danys. En aquest sentit, el fet que es tracti d'una tècnica no destructiva ni invasiva fa que les restes arqueològiques no pateixin cap alteració posterior per l'ús de raigs X, per bé que es tracta de tècniques radioactives, no comporten cap canvi en la mostra.

#### 4.5.4.1.1. Adquisició i captura d'imatges amb raigs X



**Figura 11** Procés de captura d'imatges amb l'aparell de tomografia computada de l'Hospital Mútua de Terrassa. Tècnic radiològic, a la foto, Freddy.

El funcionament dels parells d'imatge en raigs X es fonamenta en la capacitat d'aquesta ona electromagnètica per passar a través dels materials. De manera senzilla, els raigs es disparen des d'un tub de raigs X cap a l'objecte des d'un punt concret i al costat oposat de l'objecte un receptor captura els raigs que han aconseguit passar-hi a través i tradueix la informació de cada raig (posició, intensitat, temps d'arribada) en una matriu de píxels en escala de grisos que en reflecteix les propietats. Aquesta escala de grisos es quantifica usant les unitats de Hounsfield.

En el cas dels aparells de tomografia, s'obtenen de seccions de l'objecte d'anàlisi mitjançant l'encreuament de la informació obtinguda a partir de múltiples exposicions al voltant d'un mateix pla. Per tal de generar el volum de l'objecte cal, doncs, superposar les diferents seccions obtingudes al voltant del mateix eix.

Les aplicacions informàtiques actuals permeten l'obtenció de talls en totes direccions a partir de la interpolació de les imatges, motiu pel qual la denominació d'Axial ha caigut en desús, preservant només la consideració de tomografia computeritzada.

La disposició del tub de raigs X i els receptors i la mobilitat d'aquests o de l'objecte d'anàlisi poden variar en funció de les aplicacions desitjades.

Els aparells de tomografia computeritzada amb aplicacions mèdiques es caracteritzen per tenir la potència dels raigs X més limitada, adaptada al seu ús en éssers vius i a una necessària protecció de la radiació. El seu ús en pacients vius condiona també el funcionament de l'aparell, de manera que emissors i receptors es desplacen al voltant del pacient.

En el cas dels aparells de tomografia computeritzada per a usos industrials, l'escaneig d'objectes i no pacients, permet canviar la perspectiva. En aquests aparells, la mostra és la que habitualment gira al voltant del seu eix central. De forma similar, existeixen equips industrials de micro-tomografia de raigs X que es basen en el mateix plantejament que els tomografs industrials, però útil per mostres de talla petita, o molt petita, on es poden obtenir imatges d'alta resolució.

#### 4.5.4.1.2. El efectes dels raigs X.

Si bé no correspon a aquest treball fer una anàlisi en profunditat de la naturalesa dels raigs X i el funcionament dels aparells d'imatge val la pena fer-ne un petit apunt per entendre'n el funcionament i els possibles efectes sobre les mostres estudiades i les dades que en resulten.

Els raigs X són una forma de radiació electromagnètica d'alta intensitat energètica que es genera habitualment per la desacceleració d'electrons. Se'ls considera una radiació de tipus ionitzant, ja que quan interactuen amb la matèria generen ions, és a dir, tenen la capacitat de trencar els vincles biomoleculars. L'exposició a radiació ionitzant potser perjudicial per als teixits tous vius, però els efectes poden ser negligibles o nuls en funció de la intensitat del raig X i/o el temps d'exposició (sigui aquesta contínua o esporàdica).

En relació al cas concret de la irradiació de material arqueològic cal valorar els possibles efectes adversos dels raigs X sobre els components orgànics que s'hagin pogut conservar en la matriu òssia. La radiació utilitzada durant l'escaneig de material mitjançant un aparell de tomografia computeritzada mèdic o industrial no és suficient com per provocar canvis en l'estructura química de les peces en estudi. En canvi, la radiació a la que se sotmet el material en el cas d'utilitzar un accelerador de partícules, accelerant electrons enlloc d'usar raigs X, amb el mateix objectiu, sí que pot modificar l'estructura interna del material d'estudi (Götherström et al. 1995; Immel et al. 2016; Grieshaber 2008)).

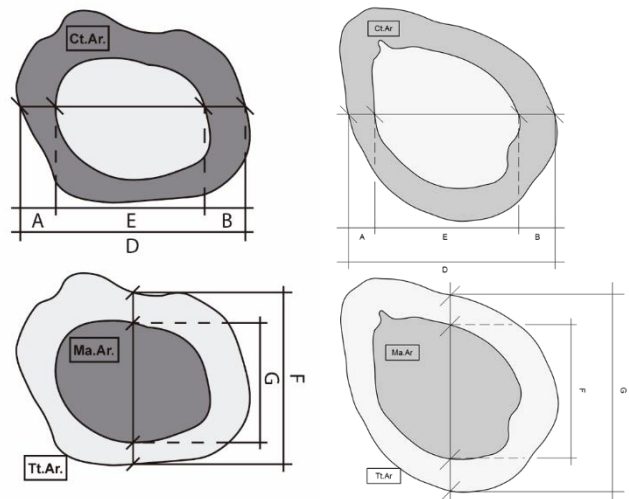
Sent conscients doncs de les diferents vies analítiques a través de els quals estudiem el nostre passat, podem considerar, a la vista de les evidències actuals, que la utilització de raigs X per obtenir imatges de la (micro)estructura dels ossos és una aplicació clarament no-destructiva ni invasiva, en no afectar a la integritat física ni molecular de l'objecte arqueològic d'estudi.

#### 4.5.4.2. Propietats mecàniques dels ossos.

Per tal de calcular les propietats mecàniques de l'os, aquest es construeix teòricament com un tub per al qual es compleix la hipòtesi de que les propietats de la secció representen les propietats del tub complet (Ruff i Hayes, 1983). Donat que és evident que l'os no és exactament un tub, cal seleccionar el punt de tall de l'os per tal de que reflecteixi les propietats mecàniques de l'os de forma adequada.

La modelització de l'os com un tub pren en consideració la forma geomètrica més propera a la forma de l'os per tal de realitzar els càlculs pertinents que descriguin les propietats de la secció de la millor manera possible. Seguint Ruff i Hayes (1983) es considera la forma corresponent d'una corona annular.

Així, els paràmetres mesurats es prenen en base a aquest model. Els paràmetres físics mesurats es descriuen a continuació:



**C/D ratio**, on C és la suma dels gruixos de la cortical i D és el diàmetre de la secció en en la línia on s'han mesurat els gruixos. Aquest valor, expressa la quantitat relativa de teixit cortical (normalment, els gruixos laterals i medials) en relació al diàmetre de l'os (diàmetre medioal-lateral). S'utilitza en veterinària com una eina diagnòstica per detectar anomalies en el desenvolupament de l'os evitant l'efecte de l'edat, sexe o dimensions de l'animal (Nazem et al, 2015).

**Àrea cortical (Ct.Ar.)**. Expressa, com el seu nom indica, la superfície de massa cortical observada en la secció. La quantitat de massa cortical en la secció està relacionada amb la capacitat de l'os per suportar càrregues de compressió (Nordin i Frankel 2000).

**Quantitat relativa de massa cortical (Ct.Ar./Tt.Ar.)**. Expressa la quantitat de massa cortical en la secció en relació a la superfície total de la secció. Com a índex relatiu, permet avaluar els canvis en la superfície de massa cortical sense que l'edat, el sexe, la massa o l'alçada de l'animal afectin a la distribució de valors obtinguda.

**Moment d'inèrcia o segon moment de l'àrea (I)**. Reflecteix la resistència de l'os a les forces rebudes de flexió i torsió. Es calcula en relació als eixos anatòmics ( $I_{ap}$ , moment d'inèrcia en l'eix anteroposterior, i  $I_{ml}$ , moment d'inèrcia en l'eix mediolateral) en base a la fórmula de la corona annular (Ruff and Hayes, 1983; ASAE, 2003)

$$I_{ML} = 0.0491(AP^3 ML - ap^3 ml)$$

$$I_{AP} = 0.0491(ML^3 AP - ml^3 ap)$$

On *AP* és el diàmetre anteroposterior de la secció, *ML* el diàmetre mediolateral de la secció, *ap* és el diàmetre anteroposterior de la cavitat medul·lar i *ml* és el diàmetre mediolateral de la cavitat medul·lar.

L'índex obtingut a partir d'aquests dos valors, l'*índex de circularitat*, expressa la distribució de la massa cortical en resposta a les forces rebudes en els eixos mesurats. En aquest sentit, es planteja que els animals amb un major grau de mobilitat presentaran una distribució més uniforme que la d'aquells amb una baixa mobilitat, en els que moment anteroposterior tindria una major importància, havent-se adaptat a un sol moviment repetitiu (Carlson and Judex, 2007).

El moment polar d'inèrcia o segon moment polar de l'àrea (*J*) es calcula com la suma de dos moments perpendiculars qualsevols i expressa la resistència a les forces de torsió rebudes (Ruff, 2000; Daegling, 2002). En el nostre cas, la calculem a partir dels dos moments d'inèrcia descrits, l'anteroposterior i el mediolateral. Aquesta magnitud és un bon indicador general de la mobilitat de l'animal

Així, escollir un punt adequat on mesurar la resistència de l'os es important a fi de poder extreure'n conclusions vàlides. Per a cadascun dels ossos analitzats es defineix el punt de tall escollit i les implicacions biomecàniques associades a l'àrea seleccionada.

#### 4.5.4.2.1. Normalització i estandardització de les dades

Per tal de reduir la influència de l'al·lometria sobre les dades obtingudes, s'ha sistematitzat l'ús d'índex relatiu, que permeten avaluar les dades sense que els factors de mida, edat, alçada i sexe influeixin directament en els resultats obtinguts. Així mateix, per tal d'explorar les dades proporcionades per *J* s'ha utilitzat l'anàlisi de Component principal com a procediment estandard per eliminar els efectes de la mida sobre les dades. La justificació de l'ús d'aquesta tècnica en aquest termes es descia a continuació.

Aquest procediment difereix de l'habitual (Ruff, 2000; Ruff et al. 1983, 1993, 2000, 2006; Hiney et al. 2004; Shackelford et al. 2013), que contempla l'estandarització de les dades a partir de la llargada total de l'os o la massa de l'animal. La impossibilitat d'accedir a aquest tipus de dades en conjunts arqueològics és el que ha generat la necessitat d'establir un protocol diferent per a l'estandarització de les dades. L'ACP és calcula en base a *J* i a una mesura considerada com a representativa de les dimensions de l'animal. S'ha explorat l'ús de dues variables representatives de la mida. En el cas de Halula s'ha utilitzat la mitjana geomètrica de les mesures preses sobre les epífisis dels ossos analitzats. Per a Pixarelles i la Draga s'ha utilitzat el centroid size del perfil del periosti de la secció transversal practicada a la falange.

L'anàlisi de components principals (ACP) és un procediment matemàtic que transforma un conjunt de variables correlacionades en un conjunt més reduït de variables no correlacionades (anomenades components principals) girant els eixos originals de la variable fixats en nous eixos ortogonals (és a dir, eixos principals). Els eixos principals corresponen a la major variació del conjunt de dades original (Campbell i William 1981).

A la pràctica, el procés de l'ACP comença amb el càlcul de la matriu quadrada de covariància (la covariància és un indicador descriptiu de qualsevol associació lineal entre dues o més variables, per exemple, zero no indica cap relació entre variables. La matriu de covariància conté informació sobre cada variància variable i també variables de covariància respecte a l'altre). A continuació, la matriu de covariància és sotmesa a la descomposició *eigen* per tal de trobar nous eixos ortogonals (eixos principals). La descomposició és la següent:

$$C = WA$$

on C representa una matriu quadrada (per exemple, matriu de covariància), W representa una matriu quadrada de rotació de vectors *eigen* que conté la direcció dels nous eixos principals i A és una matriu diagonal de valors propis que indica la covariància de les variables del nou sistema de coordenades. Projectant les variables originals de la matriu de rotació, es farà el procés de l'ACP. Cal tenir en compte que A és una diagonal, fet que significa que en el nou sistema de coordenades, les variables tenen covariància zero, és a dir, s'elimina qualsevol possible correlació entre elles. A conseqüència d'això, s'ha proposat l'ús de l'anàlisi de components principals com una manera d'eliminar els efectes de mida al·lomètrica (Jolicoeur i Mosimann 1960).

Adicionalment, l'ACP també es pot utilitzar per reduir la dimensionalitat de les dades. Així, la matriu A en diagonal s'utilitza per calcular el percentatge de la variància explicada. Aleshores es pot inclinar la matriu W deixant les columnes corresponents a l'eigenvalue que explica la menor variació. D'altra banda, la descomposició de valors singulars també es pot utilitzar (SVD), amb resultats similar a la descomposició *eigen*, per descompondre la matriu de covariància, anomenada descomposició de valor singular (SVD). Per últim, cal dir la majoria de vegades la nostra matriu de covariància no és quadrada. En tal cas, és possible fer-la quadrada multiplicant-la amb la seva transposició. La matriu de sortida és una matriu quadrada, que a vegades s'anomena matriu hermitiana.

Com a resultat de l'aplicació de l'ACP, a causa de la reorientació de les dades en la matriu pot donar-se el cas que l'ordre de les magnituds quedi invertit. Aquest fet, ocorre de forma completament aleatòria i no es pot evitar. Per tal de comprovar que l'ordre de magnituds no hagi quedat alterat, s'utilitza la regressió lineal dels valors utilitzats i es fa un control dels signes dels valors més distanciat de la línia de regressió. En cas de que els signes no coincideixin, implica que l'ACP ha invertit els eixos i que cal interpretar l'ordre de magnituds en direcció contrària. Per tal de facilitar la lectura, s'ha aplicat un senzill procediment d'inversió de signe que permet observar les dades en la direcció normal.

La mitjana geomètrica indica la tendència central d'una configuració de nombres determinada. S'obté com l'arrel enèsima del producte d'un nombre n de valors. Per a un conjunt de valors  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$

$$GM = \sqrt[n]{a_1 a_2 \dots a_n}$$

On n és el número de variables a que componen el conjunt.

En el nostre cas, s'ha calculat la mitjana geomètrica per obtenir un valor representatiu de la mida que conserves la representativitat de les diferents mesures preses.

La mitjana geomètrica s'ha utilitzat com a valor representatiu de la mida de l'animal per tal d'eliminar els efectes de l'al·lometria de les propietats mecàniques dels talls transversals dels ossos per mitjà del procediment abans descrit amb l'ACP.

En el cas dels húmer, la mitjana geomètrica s'ha calculat en relació a les mesures obtingudes de la seva epífisi (Bd, BT, Htc i h)

En el cas de les tíbies, la mitjana geomètrica s'ha calculat en relació a les mesures obtingudes de l'epífisi.

En el cas dels metàpodes, la mitjana geomètrica s'ha calculat en relació a les mesures obtingudes de les epífisis analitzades. Així, per al stalls distal s'han emprat les mesures de l'epífisi distal (Bd, Dd). Per al stalls proximals s'han emprat les mesures de l'epífisi proximal (Bp, Dp)

De manera alternativa s'han aplicat els principis bàsics de la geometria morfomètrica per desenvolupar un protocol de registre del perímetre del periostí de la secció transversal obtinguda en les falanges. Els fonaments d'aquesta eina matemàtica es desciiuen amb més detall en l'apartat 4.5.3. dedicat a la morfometria geomètrica.

El protocol aplicat consisteix en la disposició d'una configuració de 100 sliding-landmarks distribuïts uniformement seguint la línia de perímetre del periostí de la secció a partir d'un únic landmark ubicat al punt de màxima curvatura de la protuberància definida pel còndil lateral. Aquest punt, s'ha pogut localitzar de forma efectiva i reiterada en totes les seccions realitzades. El registre dels landmarks, superimposició i Generalized procrustes analysis s'ha realitzat mitjançant el paquet de programari lliure tps (Rohlf, 2015) i ha permès obtenir el Centroid size de la configuració de landmarks en cada secció. El centroid size és la mesura que s'utilitza per escalar la configuració de landmarks i, en aquest sentit, és un descriptor vàlid de la mida.

Al'hora de realitzar la superimposició de les configuracions de landmarks s'ha tingut en compte la separació entre falanges anteriors i posteriors. Així mateix, s'ha combinat falanges laterals i medials, obtenint una imatge reflectida per tal d'evitar diferències no desitjades

#### 4.5.4.2.2. Tractament estadístic de les dades

Els valors obtinguts es presenten en gràfics de dispersió, línies de tendència i diagrames box plot. Les diferències observades entre grups en les diferents mesures s'han avaluat mitjançant el test de Kruskal-Wallis, amb el llindar de significància a  $\alpha = 0.05$ . El tractament estadístic de les dades s'ha realitzat amb l'ajuda de PAST v3.20 (Hammer et al. 2001, 2008).

#### 4.5.4.3. Metodologia d'extracció de les seccions transversals

Per tal d'extreure les seccions transversal orientades de forma adequada, s'ha seguit un protocol estricte per posicionar els ossos en l'espai tridimensional.

Els ossos analitzats han estat escanejats en diferents aparells de tomografia computada.

Totes les restes provinents del jaciment de Tell Halula i les falanges de la Cova de les Pixarelles han estat escanejats a l'Hospital Mútua de Terrassa.

Les falanges de la Draga han estat escanejades a la Facultat de Veterinària de la Universitat Autònoma de Barcelona.

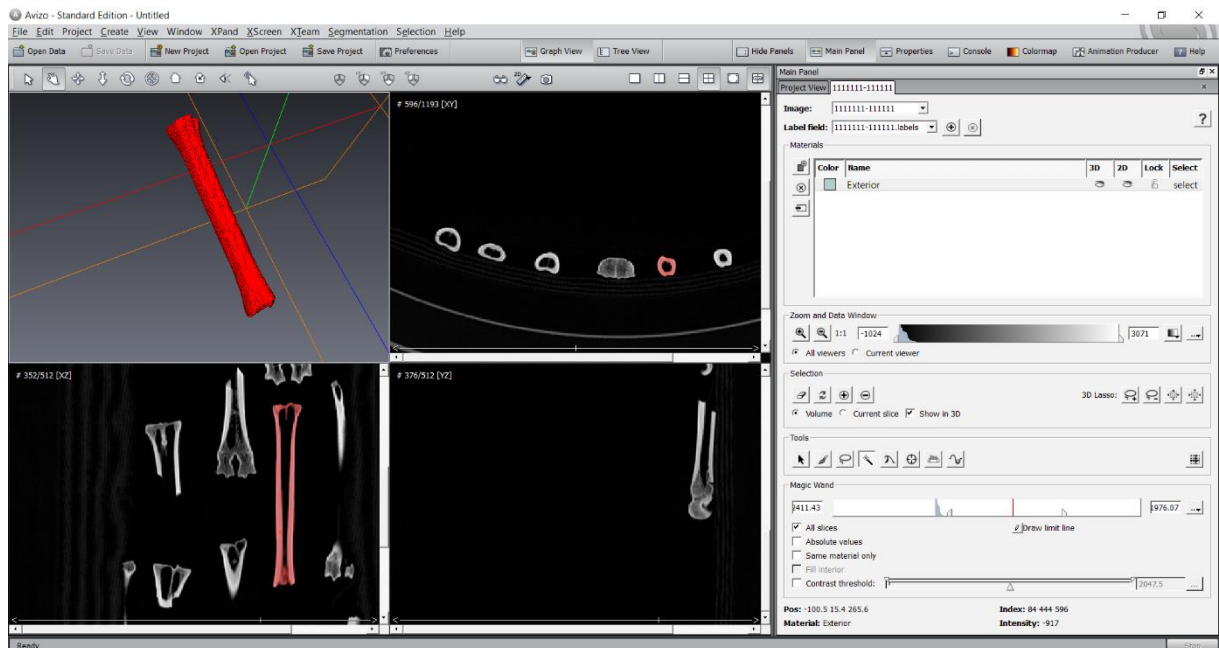
Els húmer i túbies de cabra salvatge han estat escanejats en un aparell de tomografia computada d'alta resolució.

En el procés d'escanear, els ossos s'han distribuït uniformement i sense tocar-se entre elles en les corresponents safates de l'aparell de tomografia computada, per tal d'evitar que les restes artefactuïn les unes amb les altres, i etiquetant-les individualment i prenent una fotografia de la distribució en la safata, per tal de poder identificar cada os un cop generat el model digital. En el cas de Chicago, s'ha incorporat una lletra o número de plàstic per tal de poder identificar cada resta.

El tractament de les imatges proporcionades pels aparells de tomografia computada s'ha realitzat de forma íntegra amb el programa Avizo v7.0. El primer pas a seguir és l'obtenció d'un model digital tridimensional de l'os. Les dades es carreguen al programa a fent-ne una còpia a la memòria virtual de l'ordenador. A continuació es procedeix, os per os, a la selecció de les dades necessàries per generar el model digital de l'os. Per a això, s'ha utilitzat l'eina *Image segmentation* → *Multi-thresholding* que permet visualitzar de forma simultània 3 seccions ortogonals de les imatges RAW de l'os. Mitjançant l'eina *Magic wand* i variant el llindar de tolerància s'ha pogut, en general, seleccionar els píxels corresponents a l'os i estendre la selecció als píxels amb informació de l'os de les imatges immediates.

A partir d'aquestes dades, es genera el primer model de l'os. A partir del fitxer de *.labels*, *Generate Surface*. Aquest model, ja plenament funcional, ens servirà per reorientar l'os, i les dades RAW que estem utilitzant, d'acord amb els protocols de representació anatòmica de les diferents parts esquelètiques utilitzats en els manuals d'anatomia animal. Abans d'orientar l'os cal activar la vista ortogràfica, doncs Avizo, per defecte, mostra el model tridimensional en perspectiva, que deforma la vista de l'os. A continuació, el procediment seguit ha consistit en la rotació continuada del model en un sol eix de rotació cada vegada fins que el fragment d'os analitzat coincideix amb les vistes lateral, medial, anterior i posterior observades en la bibliografia de referència (Schmidt 1972).





**Figura 13** Captura de pantalla del procés de treball per extreure la informació gràfica dels ossos a partir de les imatges obtingudes amb l'aparell de tomografia computada. A la imatge, un metatarsià amb l'epífis distal fracturada.

Un cop orientat el model digital es digitalitza sobre aquest un mínim de 10 landmarks rotant progressivament l'os en el seu eix vertical. A priori, tres landmarks haurien de ser suficients per definir un pla. Tot i això, és recomanable utilitzar-ne un número més elevat per minimitzar possibles imprecisions a l'hora de col·locar els landmarks. La idea de fons sobre aquest procediment és la de definir el pla de tall que utilitzarem a l'hora d'obtenir la secció transversal.

Abans però cal reorientar les dades per a que els eixos de referència de les imatges coincideixin amb l'orientació anatòmica definida pel pla de tall. Cal afegir que, per minimitzar les transformacions de la imatge de base és important col·locar bé els ossos sobre la safata d'anàlisi, si bé la pròpia irregularitat dels fragments dificulta aquesta tasca sempre serà necessària algun petita transformació.

La reorientació de les dades es realitza mitjançant la funció *Geometry transforms* → *Resample transformed imatge* amb interpolació *Lanczos*, prenent com a font de referència per a la transformació la configuració de landmarks prèviament definida.

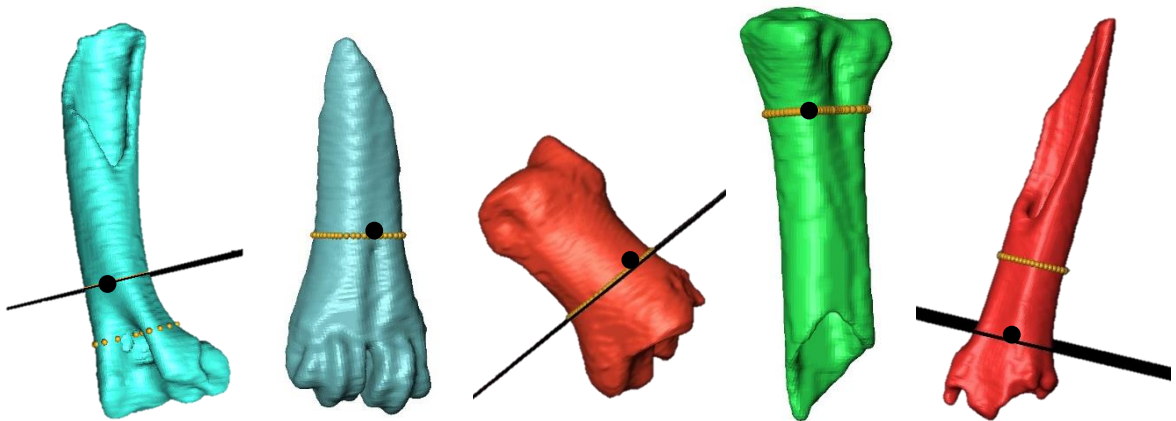
Un cop finalitzat el procediment, les imatges hauran quedat orientades d'acord amb el pla definit pels landmarks i es possible extreuren una secció ortogonal al punt desitjat. Cal fer *Display slice* i posicionar el pla de secció al punt de referència. Un cop fet això, amb l'ajuda dels eixos locals (*Local axis*) referenciats a les noves dades transformades, caldrà girar l'os fins que el pla de tall definit quedi paral·lel al pla de la pantalla, i girar el fragment d'os per a que la part anterior de l'os sempre quedi a la part superior. Després d'afegir-hi l'escala de referència amb *Create* → *Scalebars*, la funció *Snapshot* ens permet obtenir una imatge del tall seleccionat a diferents resolucions i formats.

#### 4.5.4.3.1. Criteris de selecció dels punts de tall

Habitualment, es considerava el punt central de la diáfisi com el punt que rep el màxim esforç (Ruff i Hayes 1983). Donades les condicions de fragmentació de la majoria de conjunts, aquesta premissa és difícilment assumible i s'ha escollit els diferents punts de tall en base a la seva representativitat en les funcions de l'esquelet.

En el cas dels húmer, el punt de tall se situa al final de la depressió que conforma la fossa olecraneana. Aquest punt concentra un nombre elevat de músculs (Barone 1976). El múscul anconal, l'extensor del carp, els extensor dels dits, el pectoral descendent i el tríceps braquial subjecten aquesta zona de l'os suggereixen aquest punt com de màxim estrès. L'estudi d'anàlisi d'elements finits de Bouza-Rodríguez i Miramontes-Sequeiros (2014) sobre la biomecànica de l'húmer de bovins determina també aquest punt com el de màxim estrès.

En el cas de la tibia, el tall es realitza on acaba l'estretiment de l'epífisi distal, No hi ha músculs significatius que se subjectin a aquesta part de l'os, doncs la gran majoria es concentren a la part proximal (Barone 1976) . Malgrat això, la part distal de la tibia és una part integral de l'articulació del genoll, amb una subjecció muscular intensa. Si bé la subjecció els músculs no és directa la proximitat del flexor lateral del peu podria afectar la configuració de forces. D'altra banda, la notícia relativament recent d'una patologia del tal·lus que s'ha associat a la inactivitat de l'animal (Zimmermann et al. 2019), i que podria estar causada per la sobrecompressió de la tibia sobre l'articulació, configura aquesta part de la tibia com una zona a tenir en compte. En aquest sentit, es possible que reflecteixi especialment bé les forces de compressió



**Figura 14** Imatge d'exemplificació dels punts de tall per a les diferents parts esquelètiques analitzades. D'esquerra a dreta: húmer, metacarpí distal, falange, metacarpí proximal i tibia. El punt negre indica el punt de tall.

Els metacarpians i els metatarsians s'han identificat tot sovint com uns bons indicadors per a la producció làctia a partir de les diferències en el gruix cortical (Horwitz i Smith, 1990). Habitualment permeten també una bona separació entre sexes. L'exploració làctia és un factor amb conseqüències probables sobre l'activitat de l'animal. En aquest sentit, ofereix l'oportunitat d'avaluar diferents dinàmiques. Tant a la part distal com a la proximal de metacarpians i metatarsians, el punt de tall s'ha situat allà on s'inicia el canal interossós.

La implicació de les falanges en els mecanismes d'estabilitat i subjecció de l'animal suposa un factor molt important a tenir en compte a l'hora de seleccionar aquesta fracció (Zhang et al. 2015, 2017). És, a més, una de les parts esquelètiques que es conserven amb major integritat en els jaciments, fet que permet aplicar el criteri del tall al punt central. Presenta músculs tensors subjectes als còndils proximals i extensors a la part distal. S'espera doncs que les propietats reflectides per la falange puguin aportar informació sobre la mobilitat dels animals constrenyits espais o ambients concrets, així com de l'exercici de practiques que suposin una càrrega extra per als individus.

## 5. PRESENTACIÓ DELS RESULTATS

La proposta metodològica que s'acaba de presentar s'ha aplicat a l'estudi de la domesticació i practiques ramaderes inicials en que es veieren implicades les 4 principals espècies productores d'aliment: porc, cabra, ovella i vaca. No s'ha seguit el mateix procediment en l'estudi de cada espècie sinó que, amb l'objectiu d'avaluar el potencial dels diferents procediments, aquests s'han aplicat tenint en compte en cada cas la problemàtica concreta d'anàlisi, les característiques de l'espècie, la condició dels conjunts faunístics i mostra potencialment disponible. L'objectiu final es compartit: aportar noves dades i coneixement sobre els processos de domesticació animal i com aquests repercutiren en el sorgiment i desenvolupament de les pràctiques ramaderes i, de manera concreta, com aquestes darreres varen modificar o canviar els patrons de mobilitat i activitat de les poblacions animals.

A vegades es difícil separar entre domesticació i ramaderia. Totes dues impliquen pressions selectives que incideixen sobre els animals. Quan es poden vincular aquestes pressions a la domesticació i quan a la ramaderia es una qüestió complexa, lligada estretament als conceptes i definicions de partida. Es per això que s'ha considerat oportú especificar aquí, per cada un dels casos presentats a continuació, com interaccionen aquests dos conceptes.

El primer estudi que es presenta es centra en avaluar l'estatus domèstic o salvatge dels suïns a Tell Halula, fent especial incidència en si es produeixen o no canvis al llarg dels 2000 anys de seqüència arqueològica representada en el jaciment. Es parteix de la biometria tradicional i es contrasten els resultats obtinguts amb la morfometria geomètrica amb l'objectiu d'avaluar si es registra o no la presència de la forma domèstica ja des de les ocupacions més antigues. Una vegada caracteritzada aquesta dinàmica, s'integra a l'estudi l'anàlisi de la hipoplàsia dental com a marcador de estres. L'objectiu es avaluar si aquesta dinàmica ha anat acompanyada de canvis substancials en la forma de viure dels animals que hagin pogut afectar al seu desenvolupament. Es combinen per tant descriptors de mida, forma i estat de salut animal, els dos primers vinculats a l'estudi de la domesticació i, el tercer, més directament relacionat amb les condicions de creixement el règim de cria i que per tant pot ser representatiu de la domesticació com de la ramaderia. L'element esquelètic susceptible de ser analitzat a partir d'aquestes tres aproximacions són les restes dentàries.

En el cas de *Capra*, l'anàlisi s'ha orientat a avaluar les pautes de mobilitat i esforç efectuades en una mostra d'animals al llarg de la seqüència arqueològica. L'avaluació s'ha efectuat a partir de diferents elements esquelètics amb l'objectiu d'avaluar la variabilitat i el grau de resolució de cada un. Els resultats s'han comparat amb la població moderna de referència i amb un altra espècie, *Ovis aries*, a partir de restes arqueològiques. L'anàlisi comparativa s'ha articulada en base a l'examen de les pautes d'esforç i mobilitat, de manera concreta intensitat i tipus de moviment. L'estudi pretén establir la variabilitat en els moviments i carregues que reben els exemplars de *Capra* segons sexes i comparar-ho després amb les ovelles, espècie aquesta darrera explotada de manera diferencial a les cabres. Es contrasta també si les característiques biomecàniques venen condicionades pel tipus d'explotació i règim de cria a la que està sotmesa l'espècie o bé per les característiques comportamentals i fisiològiques de l'animal, pel substrat geològic i topografia que frequenta o per altres variables d'indole ambiental i no estrictament

social. D'emanera complementària a la presentació que es fa en aquest capítol, a l'annex es presenta una primera publicació efectuada sobre aquest aspecte. S'ha considerat oportú incloure'l a l'annex ja que els resultats obtinguts a partir de l'obrençió del referencial modern han permès matitzar alguns aspectes i treballar-los més al detall, si bé el treball publicat en constitueix la base.

La darrera espècie treballada, *Bos taurus*, s'analitza a partir de les falanges, element estretament vinculat al desplaçament de l'animal i sobre el qual recau una part important del pes. L'anàlisi s'orienta a contrastar si és viable, a partir de la metodologia proposada, diferenciar entre els trets biomecànics derivats de l'ús de l'animal com a mitjà de treball d'aquells vinculats al seu desplaçament. Les vaques i toros són animals utilitzats sovint com a reforç suplementari en algunes tasques. Donada la seva conformació i fisiologia, l'adaptació al medi pot presentar característiques diferents que en el cas de les ovelles i cabres. S'han seleccionat per contrastar-ho dos jaciments amb característiques topogràfiques ben diferenciades en els quals aquesta espècie té un pes econòmic important, el poblat del neolític antic de la Draga i la cova de la Pixarelles (neolític mig).

### 5.1. Domesticació i ramaderia de porcs a l'assentament de tell Halula

#### **I. Introduction**

The domestication of plants and animals is one of the main topics on Neolithic studies. Studying the dynamics of the processes of domestication is considered crucial to understand the social and economic transformations of human groups at the beginning of the Holocene. In recent years, new methodologies, with a special inquiry on the criteria used for differentiating domestic and wild organisms in the early Neolithic, have been debated. Differences between wild and domestic animals are being established from different perspectives. While some emphasize on the biological criteria, taking the animal itself as an individual, others focus on the economic and social aspects of the change in subsistence strategies. There is a certain consensus in defining as wild animals the ones that live in freedom with their reproduction not controlled by humans. At the same time, domestic animals develop under the direct control and care of people, conditioning their way of life, specially their reproduction, protection and alimentation. Nevertheless, some consideration should be given to populations in between and how we treat them. From a biological standpoint, for example, feral animals are considered as biologically domestic even when they live exclusively in the wild (Daniels i Bekkoff 1989). But, if we are to consider their feeding strategies, mobility or how they might be acquired, they should or might fall under the scope of wild populations.

Archaeozoology has been facing the study of animal domestication with various procedures and analytical techniques and, over the years, this allowed to answer some of the questions raised regarding its beginnings and dynamics. From the studies of Rüttimeyer (1861) or Darwin (1868) to the current application of the modern palaeogenomic and biogeochemistry techniques, several hypotheses and explanatory models have been published. Although the advances in our knowledge have been significant, many questions remain unknown.

The studies related to the domestication of swine have focused on two fundamental lines of research. The first, dominant in traditional historiography, aims to characterize spatially and chronologically the first domestication and their diffusion. The second, more emphasized in recent years, has taken a more methodological approach and focuses on detecting the phenotypic responses induced by that of artificial selection during the domestication of the species. Contrary to traditional hypotheses, which placed sheep and goat as domesticated animals in older chronologies, the 90s excavations of the archaeological deposits of Shillourokambos and Aetokremnos and, more recently, Akrotiri, on the island of Cyprus (Zazzo et al. 2015, Vigne, 2015), together with the revision of old faunal assemblages and data available in sites such as Çayönü (Hongo et al. 2009) and Hallan Çemi Tepesi (Redding, 1988), have highlighted that in an important part of Southwest Asia, mainly in the area of Anatolia, the domestication of pigs precedes that of the other three species (i.e. ox, sheep, goat). Palaeogenomics has also contributed to demonstrate the existence of two independent pig domestication centres (Larson and Burger, 2013) (re-evaluating previous assumptions of a larger number of domestication centres (Larson et al. 2007)) one in the Southwest Asia the second in China along the yellow river valley. From Southwest Asia, farming practices, ceramics, storage and construction techniques paired with a strong demographic increase spread towards the Southern Levant and Western Mediterranean (Tresset & Vigne, 2011)

In this context, the initial pig livestock practices were an important turning point in economic strategies. The control of its reproduction and production ratio helped regularize food supply, thus reducing the dependence on seasonal fluctuations of natural resources availability. Swine are gregarious animals, resistant to diseases and have a rapid growth and reproduction ratio (Rosell et al, 2001). This species supports its high reproductive capacity in three factors (Rosell et al, 2001): their precocity in reaching sexual maturity, its relatively short gestation and high litter size. It is a species with opportunistic and generalist habits, with a tendency to feed on a few abundant, digestible and nutritious elements (Rosell et al, 2001). Among the species domesticated in the Neolithic, the boar is the most productive in terms of work investment, as its return ratio is relatively high and the investment needed for maintenance and feeding is less expensive than for the herbivores (Harris, 2012).

Recent studies combining multiple methodological and technical approaches such as aDNA, geometric morphometrics, dental hypoplasia, calculus and microwear (Larson et al. 2007; Cucchi et al. 2016; Price 2016; Frémondeau et al. 2017; Evin et al. 2017; Price and Evin, 2017; Balasse et al. 2018) demonstrate, however, that its domestication is a complex process and, far from being homogeneous, static and linear, it implies a continuous and unequal change, questioning the usual wild and domestic categories. The fact that domestication and initial livestock practices do not abruptly lead to their stabling, rearing them instead in semi-free or free ranging conditions, means that contacts between the wild and the domestic forms occurred, giving rise to the presence of hybrids. Recent evidences highlight that the domestication of European wild boar is a result of local management practices of interbreeding the domestic herds with wild local populations, to such a degree that by c. 5000 cal BP, Southwest Asia pig ancestry dropped to less than 50% of the population (Frantz et al. 2019). Hybridization can also be intentional, crossing the two forms for reproductive purposes, creation of hunting prey or to

emphasize preferred meat characteristics (Evin et al 2015). The phenotypic expression of cross-breeds can take a wide variety of forms depending on the balance between the parents traits acquired or the display of unique characteristics to the individual (Evin et al 2015).. Finally, the category of feral animals contemplates those specimens that, once domesticated, return to the wild environment, relaxing again the artificial selection in favour of the natural one. This diversity of situations that can converge in the initial moments of domestication of a species means that the effects produced on the animals can present a wide variability. Therefore, the effects represented in the animal skeleton and the archaeological record can also present an important range of variation.

Regarding pig, one of the most pronounced morphological changes resulting from its domestication that is observed in the archaeological records is the reduction of size in bone and teeth (Payne and Bull, 1988). While concrete causes of this reduction have not been completely ascertained, some consideration has been put into diet changes, movement restriction and the relaxation of morphological characteristics related to the reproductive success of the species (Zeder, 2006). It is difficult to demonstrate only from the decrease in size the presence of hybrids or the various forms of control described above, in which males and females are subjected to differential selective pressures. Traditional biometric approaches do not have much resolution when it comes to exploring the different factors that can influence changes in size, such as climate, food or sexual dimorphism (Albarella et al. 2009). Recently, and as an alternative, a line of analysis based on geometric morphometrics has been initiated, mainly exploring the features linked to the development of the teeth and the skull (Evin et al. 2017), considering that shape is less affected by environmental factors and that genetic factors have more influence on form than on size (Vigne, 2015). Geometric morphometrics allows to register the shape of a certain element through the georeferencing of a significant number of landmarks (homologous points) (Cucchi et al. 2015). This technique has been successfully applied to study the history of pigs in archaeological assemblages with chronologies ranging from the Neolithic to the Roman period in various areas of Europe (Evin et al. 2013, 2014, 2015; Duval et al. 2015; Duval et al 2018Bopp-Ito 2018) and East Asia (Cucchi et al 2009; Cucchi et al. 2011, Cucchi et al. 2016; Dobney et al. 2008; ), although applications made in Southwest Asia are still scarce (Alcàntara, 2014; Price et al, 2017, Ottoni et al. 2013, Bartosiewicz et al. 2013, Frémondeau et al. 2017).

Parallel to the phenotypic changes, the long-term maintenance and control of the pigs implied new breeding conditions that could interfere with feeding, growth dynamics and activity rhythms. Based on the wide ecological adaptability of pigs, it has been found that their relationship with human settlements led to the inclusion in their diet of food waste and agricultural by-products (Fraser et al. 2013, Navarrete et al. 2017). The results of carbon and nitrogen isotope analysis show important dietary changes between domestic and wild pigs (Balasse et al. 2015) and among domestic pigs during the Neolithic and the Iron Age (Hamilton et al. 2009). Transitioning to less extensive breeding regimes constituted during the Neolithic period a fundamental aspect of the breeding of this species. During the first stages of domestication, it is feasible that new diseases derived from their captivity and physical and nutritional stress, aspects that are sometimes archaeologically documented through the study of



bone microstructure and lesions. Dental remains are one of the elements where these types of affectations can be well represented, and dental hypoplasia is the more widely considered pathology in the case of pigs. Hypoplasia consists of a series of alterations observed in the teeth enamel of different mammals, especially in pigs and bovines. The etiology of these deficiencies in enamel is associated with physiological stress during the individual's dental development (Dobney and Ervynck 2000, 2002, 1998, 1999).

The combination in the same study of traditional biometrics, geometric morphometrics and paleopathologies (hypoplasia) analysis can therefore provide significant data on the correlation that existed between animal domestication, first herding practices and, specially, rearing regimes of pig herds, for which there is currently little information. The aim of this work is to provide new information on the management and herding strategies of domestic pigs practiced in one of the key places for the study of the origins of Neolithic, the Euphrates Valley. In order to do so, the site of tell Halula (Syria) was chosen, a site with a wide archaeological sequence with continuous human occupations between 7800 and 5700 cal ANE and currently one of the most important *Sus* bone remains assemblages. The integrated analysis of animals' teeth size and shape changes and their state of health during middle and recent PPNB, pre-Halaf and Halaf allowed to deepen into the key points of their initial management that marked the subsequent development and consolidation of this livestock practice widely extended today.

## II. Materials and Methods



Figure 1 South-west Asia map showing the location of tell Halula regarding other sites mentioned in the text.



## II.a. Site description

Tell Halula is known as one of the main archaeological sites for the study of the first agricultural societies. The site was continuously occupied from 7800 and 5700 cal BC. Located in the middle valley of the Euphrates River, it's surrounded by several ecosystems including the riverside, semi-arid steppe and scrublands. The various studies carried out to date at the site have established that during the Neolithic occupations the arboreal steppe dominated, with a higher level of rainfall and humidity than today. The site covers an area of 8.3 ha. with a stratigraphic sequence of more than 11 meters and with 41 occupation phases differentiated including 12 corresponding to the middle PPNB (OP-1 to OP-12, from 10200-9600 cal BP), 10 to the late PPNB (OP-13 to OP-22, from 9600-8900 cal BP), 11 to the pre-Halaf (OP-23 to OP-33, 8900-8500 cal BP) and 8 to the transition from Neolithic to Chalcolithic (Halaf and Obeid archaeological groups, from 8500 to 7700 cal BP) (OP-34 to OP-41) (Molist 1996, 1998, 2001, 2002, Molist et al. 2004, 2014).

The settlement has a significant extension throughout its occupation. The organization of the built space varies according to the historical stages (Molist et al. 2003). During the oldest occupations the houses are organized in an orderly manner, south-north oriented and with small circulation spaces (0.40 m to 1.5 m) between them. The spaces in front of the houses are wide and constitute open areas where domestic production activities were carried out. The houses are rectangular in shape, multi-cellular and have between 3 and 5 rooms. During the intermediate occupations (VII and VI millennium BC) structures of a collective nature of significant size were documented and the location and distribution of the settlement changes significantly towards a more disperse habitat with large open spaces where various domestic activities were carried out. During the most recent occupations (Halaf and Obeid), rectangular or square houses are documented together with circular houses. A significant aspect of tell Halula is that, together with the structures of habitation, graves were also documented. The most important record was recovered in the houses associated with the LPPNB, in which more than 80 graves were documented distributed among the housing units.

In relation to the economic strategies, during the oldest occupations the practice of an incipient agriculture of different morphologically domestic wheat species (*Triticum aestivum / durum*, *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum*) is documented together with the presence of wild type varieties such as *Dicticum Triticum* and *Hordeum spontaneum* (Buxó and Rovira 2013). During the PPNB these remains can already be related both to the harvest and to the agricultural exploitation based on the cultivation of species of wild morphology (Buxó and Rovira 2013). The characteristics most favourable to the existence of rainfed crops have also been evidenced by isotope analysis of  $\delta^{13}C$  (Ferrio et al. 2007). In more recent periods, the agricultural exploitation of legumes (peas, lentils) and fruit trees such as olives and plums is also documented (Buxó and Rovira 2013). As for animal management (Saña, 1999, Tornero, 2011), during the oldest occupations, wild species still have a preeminent role (mainly gazelle, cervids, equidae, suidae and bovines). The livestock strategy practiced focuses mainly on goat breeding, registering a high degree of selection in the mortality profiles which evidenced the culling of male specimens before 2 years and avoiding the sacrifice of the specimens directly involved in reproduction. It's not until the final moments of the mPPNB when the main turning point in the

management of animal resources (occupation phases 6, 7 and 8) is documented. From the occupation phase 8, coinciding with the adoption of the domestic sheep, there is a gradual increase in the full stabilization of the herding activity. At the same time, hunting practices, although still an important source of food supply, experience a significant decline.

To date, a total of 35,000 faunal remains has been analysed (Saña 1999, 2000, Saña and Tornero 2008, 2013, Tornero 2011), of which ~2500 could be identified as suids (combining both wild and domestic). Suids are present at relatively low percentages throughout the entire sequence, varying between 0.10% and 8.50% (NISP), except for FO-1 and FO-14, where they exceed 10% (Saña 1999, Tornero 2011, Alcàntara 2014). In relation to the modes of exploitation of this species, in many of the occupation phases the number of remains was not sufficient to compute age histograms. It is worth mentioning though that a high variability in the age of sacrifice is observed throughout the sequence, although juveniles dominate in nearly all the occupation phases (Saña 1999). From the middle to the late PPNB the number of adult specimens slaughtered slightly increase and during the pre-Halaf occupation there is a relative increase in the variability of ages represented (Saña 1999).

To facilitate the interpretation, in this study the samples were grouped into three periods following the chronological order of the sequence: P1 (OP-1 / OP-12) (middle PPNB: 10200-9600 cal BP), P2 (OP-13 / OP-22) (late PPNB = 9600-8900 cal BP) and P3 (OP-23 / OP-37) (pre-Halaf and Halaf: 8900-8400 cal BP).

## II.b. Traditional biometry

A sample of 505 pig remains was selected from the archaeozoological ensemble of tell Halula available at the Autonomous University. Selection of pig remains was done following morphological criteria and with the help of the lab reference collection and specialised literature (Schmidt 1972, Barone 1976). Biometric measurements were taken according to the criteria proposed by von den Driesh (1976).

Biometric data was used to characterise the size variability of tell Halula's pigs among older, contemporary and more recent sites from Southwest Asia using the Log Size Index (LSI) technique. The available measurements were normalised by a logarithmic function and then standardised to a reference population of wild boar following the normal procedures as Meadow (1999) described. The standards used to calculate the values are taken from Payne and Bull (1988) and are based on a wild population of 18 boars from Kizilcahamam, in Turkey, which includes both male and female specimens.

Size differences between periods were explored using Kruskal-Wallis tests and mean and variability between sites were compared on log-size histogram to help visualize differences and similarities and help expose any temporal trend.

Datasets used include 4 sites: Mureybet (Gourichon i Helmer 2008; N=34) Asiab (Ilgezdi, 2008; N=11) Çayönü (Hongo 1996; N=81), Jarmo (Ilgezdi 2008; N=216). Mureybet and Asiab offer a neat sample of wild boar, while Çayönü, Göbekli and Shillourokambos are among the

oldest sites where pig domestication has been attested. At the same time Jarmo and Umm Qseir, where pig exploitation plays a significant role help expand the geographical scope of this comparison while including tell Mashnaqa and tell Ziyadeh helps following the temporal trend.

Additionally, age of the available specimens was estimated using the scoring system devised by Lemoine et al. (2014) based on tooth wear and graphed into mortality profiles using their specific age estimate with 10 different sequenciated age classes ( $\leq 1$  mos, 3-5 mos, 6-8 mos, 8-12 mos, 12-16 mos, 18-30 mos, 30-52 mos, 52-72, 72-96,  $>96$ ).

### II.c. Hypoplasia

In order to analyse in detail health conditions of the pigs exploited in tell Halula we looked for evidences of hypoplasia marks, registered and quantified them. Hypoplasia is a pathological response to physiological or environmental stress and has usually been associated with changes in the feeding regimes or shifts in the modes of exploitation (as from extensive to intensive husbandry). While seasonal fluctuations affect general food availability, access to alternate food sources (as food debris or supplementary feeding) and quality of food are factors that should also be taken into consideration when looking into the origin of this pathological affectations. Albeit whatever the underlying cause, the presence of hypoplasia marks on teeth is a good indicator of episodes of stress in the animal populations (Dobney 2000). Different animals under similar stress condition might not necessarily be affected equally but an overall increase of hypoplasia marks should refer to a worsening of life conditions of animals (Dobney and Ervynck, 1998).

A total of 127 teeth of *Sus* were selected for the analysis of hypoplasia marks (Table 1). The sample includes fourth deciduous premolars and first, second and third molars. Dental pieces with a reduced degree of fragmentation were also included in the sample as long as it was possible to estimate the age of the individual.

The method followed for the analysis of Linear Enamel Hypoplasia is based on the protocols developed by Dobney and Ervynck (1998). The affectations associated with the presence of LEH can present varied conformations and can usually take the shape of lines or grooves on the surface of the tooth. They can vary in width and depth but are always located in the crown of the tooth, whether it is erupted or not.

The samples were observed with a microscope (binocular magnifying glass) on the lingual side, since it is more prominent and thus marks are easier to detect. Hypoplasia marks have been individually registered for each tooth. The affectations were classified and quantified according to the type of mark and its intensity. The terminology proposed by Dobney and Ervynck (1998) has been followed by differentiating between pits, lines and depressions with three different levels of intensity: light, moderate or severe. In order to approach the moment when the pathology developed, the position of the hypoplasia marks in the height of the dental crown was measured from the cement-enamel junction point to the mark considered as hypoplasia. The timing of teeth development proposed by Magdell and Carter (2007), based on

the x-ray examination of 55 boar mandibles, was used as a reference to infer the moment of the affectation.

The tendencies of this affectation were evaluated along the chronological sequence of the site based on the percentage of presence or absence of the pathology, intensity, recurrence and moment of affectation, combining the results with those obtained from the biometric and geometric morphometric analyses.

#### II.d. Geometric morphometrics

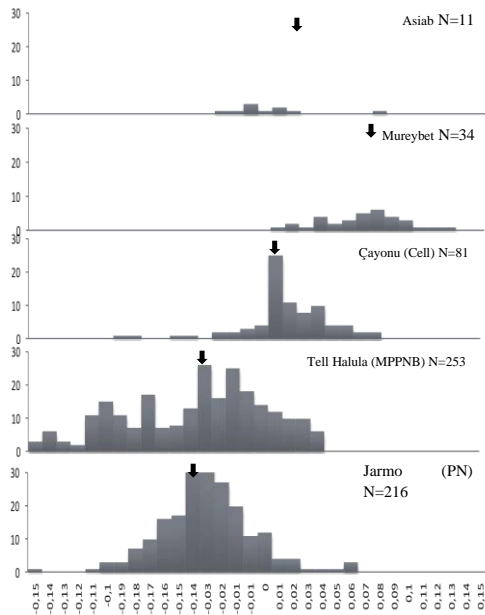
Clean and unbroken upper and lower second and third molars (respectively  $M^2$ ,  $M^3$ ,  $M_2$  and  $M_3$ ) were selected for geometric morphometrics analysis. Among the 127 teeth used in the hypoplasia analysis, only 48 (16 mandibular  $M_2$ , 18 maxillary  $M_2$ , 8 mandibular  $M_3$  and 6 maxillary  $M_3$ ) meet the necessary conditions for the geometric morphometric analysis.

A standardized protocol (Cucchi et al. 2011; Evin et al. 2013; Evin et al. 2015) was used based on a combination of 2 dimensional landmarks and sliding-semi landmarks. Coordinates were obtained from digital images following strict protocols (Evin et al. 2013). 2D photographs of the occlusive surface were taken with a Reflex camera (Nikon D90) with a micro lens (AF-S Micro Nikon 60 mm). Points' coordinates were recorded using tpsDig2 (Rohlf 2015). The superimposition of the landmark coordinates was done using a Generalized Procrustes Analysis (Rohlf and Slice, 1990, Goodall, 1995) and sliding semi-landmarks were allowed to slide according the Procrustes distance criteria (Gunz and Mitteroecker 2013).

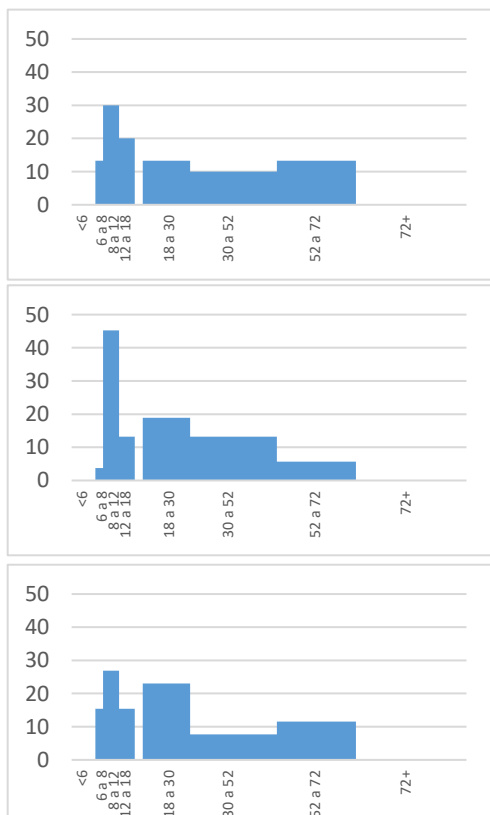
Clustering analysis on size was performed on log transformed Centroid Size values from tell Halula and a Southwest Asia wild boar reference sample (ORIGEN), and grouped as wild-size or small-size. The wild-size group was put under shape analysis. Where documented, the small-size samples acted as a domestic-shape control group while the Southwest Asia wild boar reference teeth acted as the wild-shape control group. Differences in shape were explored using Principal Component Analysis and a cross-validation analysis paired with cross-validation percentage calculated following Evin et al. (2013). Where the small size group couldn't be identified, a clustering k-means analysis with 2 expected groups defined was performed on the PCA of the superimposed shape coordinates.

The statistical significance threshold was set at  $\alpha = 0.05$  (Hammer et al. 2001)

Geometric morphometrics was carried out with the Morpho package (Schlager 2017).



**Figure 2 Log-ratio histogram with multiple *Sus* population from southwest Asia. Top to bottom, sites ordered by chronological order, older at the top. Black arrow marks de mean.**



**Figure 3 Age histograms of the pig populations from tell Halula following the 3 periods defined. Age of death was calculated through dental wear following Lemoine et al. 2014**

## IV. Results

### IVa. Traditional biometry

The biometric analyses allow to establish general trends of the population of *Suidae* throughout the different occupations. Comparing the population of *Sus* represented in Tell Halula (with 253 LSI values) with the population of *Sus scrofa* represented in the site of Mureybet (with 34 LSI values), also located in the middle Euphrates valley, shows that, in general terms, the porcine population represented in the site of tell Halula shows more variability and a lower average (Figure ???) This distribution of the values would be indicative of the presence in tell Halula of a significant number of animals of relatively smaller size which might, therefore, be domestic.

There is also a trend towards a decrease in size of the suids from tell Halula, from the first phases of occupation of the site to its abandonment. The average observed for the oldest Halula phases corresponds to a great extent with the data collected for settlements such as Mezra Teleilat (8700-6500 cal BC) or Jarmo (PN), with populations considered domestic. In the same way, the available data from Çayönü, in which the in-situ domestication of the pig is proposed, places between the values of Mureybet and tell Halula. It's worth noting the wide size variability registered in tell Halula in relation to the other settlements.

### IVb. Linea Enamel Hypoplasia.

Results from Linear Enamel Hypoplasia analysis evidence a clear increment in health issues among pig population throughout the occupation of the site on the basis of a Presence/Absence relation. Less than 10% of the analysed samples from the middle PPNB period are slightly affected with LEH. During the late PPNB the number of teeth affected with LEH rises critically to a 36% of the teeth from this period while at the same time the affectations are

stronger than in the previous period. The percentage of LEH affectation during the pre-Halaf and Halaf period keeps increasing at a slower pace, but it's especially worth noting the worsening of the hypoplasia marks, with half of the samples being heavily affected. If we take into account the position of the LEH marks on the teeth we can have a rough idea of the moment when it occurred. Magnell and Carter (2007) showed in their study of 55 boar mandibles the development sequence of teeth growth. Assuming that health deficiencies show as LEH marks on teeth during a short span of time, during the middle PPNB two episodes of deficiencies occurred on specimen HGM113 during the last stages of its lactancy period, around two months of age. Two other episodes were registered on sample (HGM316) between 12 to 18 months.

	Absence		Presence		Intensity										Total N	
					1		2		3		4		ND			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
<b>Period 1</b>	51	91.1	5	8.9	5	8.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
<b>Period 2</b>	29	64.4	16	36	7	15.6	2	4.4	0	0	0	0	7	16	45	
<b>Period 3</b>	15	57.7	11	42.3	2	7.7	3	12	4	15	1	4	1	3.8	26	
<b>Total</b>	95	74.8	32	25.2	14	11.0	5	3.9	4	3.1	1	0.8	8	6.3	127	

**Table 1** Resume on presence or absence of dental hypoplasia and intensity of the affectation in pig teeth from tell Halula. Data are expressed in number of affected samples and percentage of the total number of samples per period

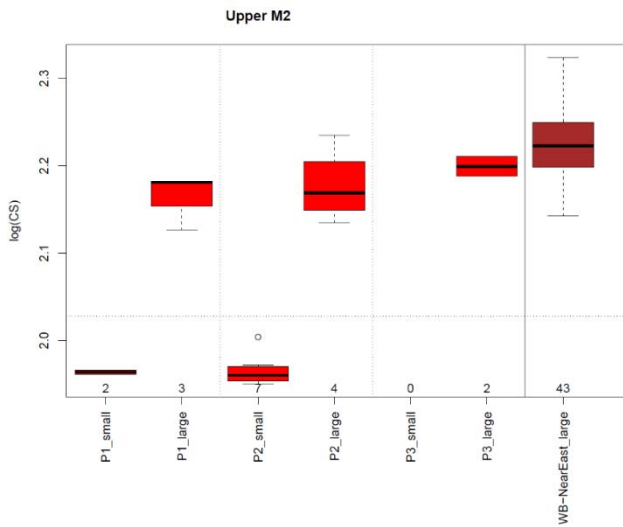
During the late PPNB, the approximate age of affectation could be ascertained on 10 samples. Out of these, five are associated to a single episode of stress occurring at different stages of the lactancy period, before 2 months of old or just slightly after. LEH marks appear next approximately on 4 samples between the period of 5 to 9 months of age. During this age gap, up to three episodes occur on sample HGM365, two on sample HGM447 and one single episode of stress was documented on samples HGM408 and HGM294. Finally, one sample (HGM410) appears to have suffered one single episode of stress around 12 to 18 months. Regarding the pre-Halaf and Halaf, age of affectation could be ascertained on all the 11 samples where LEH marks could be identified. In this case, most of the specimens were affected by hypoplasia approximately during the 2 months following birth. It must be said though, that in contrast with the previous period, two (HGM490 and HGM005) of these 5 samples with LEH occurring before 2 months, show three hypoplastic episodes. The remaining three (HGM473, HGM488 and HGM024) have, even though, one single affectation. LEH marks appear next on three samples between 5 to 9 months of old. While two (HGM017 and HGM018) of the affected samples have one single episode of health deficiency, the third sample (HGM008) shows up to



**Figure 4** Different examples of hypoplasia documented in tell Halula. Left to right, samples HGM033 HGM338 HGM018

4 episodes of stress. As previously, young adults, around 12 to 18 months of age, show several examples of health deficiency. Three in total, HGM010 evidences only one episode of health deficiency, HGM011 shows two and HGM033 comes on top with 5 hypoplasia marks .

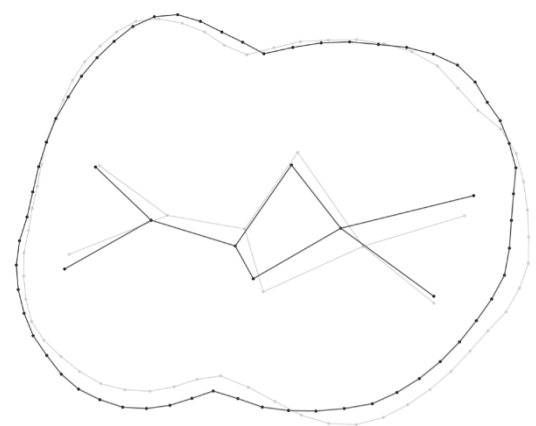
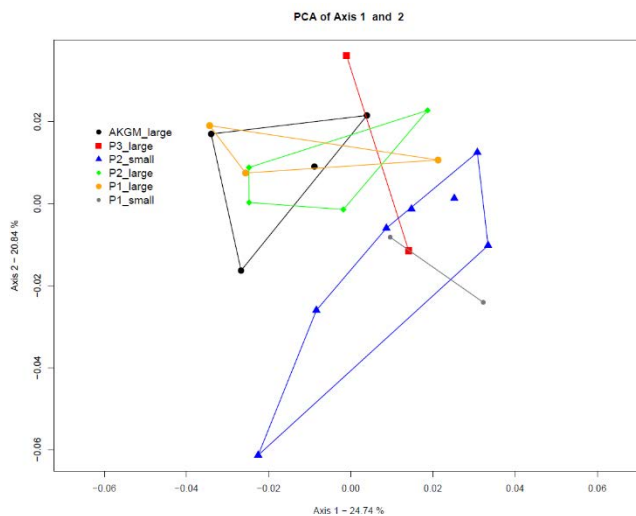
#### IVc. Geometric morphometrics



**Figure 5 Results of Centroid size clustering on upper second molars. Samples are grouped by significant different size. Threshold at 0.05 significance.**

Clustering analysis on Centroid size of upper and lower second and third molars allowed to distinguish in  $M^2$  teeth two significantly differentiated size groups. The big-size group contains a total of nine samples (3 for P1, 4 for P2 and 2 for P3) and consistently aligns with the centroid size values of the reference group of wild boars. The remaining 9  $M^2$  samples (2 for P1 and 7 for P2) conform the small-size group and considered as having domestic shape. This separation was not documented in the other molars, especially in both upper and lower  $M3$ . While the  $M_2$  group does show three samples smaller than the range of variability of the wild reference group, the difference doesn't reach the significance threshold.

Shape analysis on  $M^2$  where thus conducted with the small-size group as a reference of domestic shape and the Southwest Asia wild boar group as a reference of wild shape. Results are synthesised in the following table.



**Figure 6 Left, PCA on upper second molar shape with distinction by periods and size. Right, consensus of the two shapes identified.**

The overall cross validation between the small and large size percentage (89.4% (CI: 83.3-94.4%)) informs of a consistent separation of both groups. Cross-validation percentages show that 66.6% of the upper M2 remains analysed (that is, 6 out of 9) have been confidently attributed to Southwest Asian wild boar shape. Out of the three large size specimens available for the middle PPNB, two of them were identified as Southwest Asian wild boar shape and one attributed to the Small shape group. All three of them with 100% validation percentages. During the late PPNB, all the analysed samples were associated with Southwest Asian wild boar shape, although with different validation percentages. Two of them with 100% and the remaining two with a slightly lower value of 92.86 %. For the pre-Halaf and Halaf occupation, both the analysed samples were confidently attributed to the small shape, even though one of them shows a relatively low value, at 71.43%, and the other was identified with 100% confidence.

However, since wild or domestic shapes could only be defined for M<sup>2</sup> coincidences between the geometric morphometrics results and the presence of LEH marks turned out scarce. Only three samples, one to each of the morphometric categories used, show evidences of hypoplasia. Two of them are from period 2 and 1 from period 3. There were no coincidences during the middle PPNB. During the late PPNB, HGM438, used as reference for the small shape shows one single episode of health deficiency early on its lactancy period. HGM295, a 24 to 36 months old (based on dental wear) wild-size and wild-shape associated upper second molar shows evidences of LEH too. Although the exact position of the affectation could not be ascertained, its position is on the lower part of the tooth, which should throw the affectation moment loosely around the 5 to 9 months period. During period 3, the sample showing 4 episodes of health deficiency between 5 to 9 months of old, HGM008, is a wild-sized upper second molar with small shape. LEH hypoplasia is not present on the remaining samples analysed with geometric morphometrics.

Period	Sample	Size	% Small shape	% NE Wild Boar	Result
P1	HGM187	Small			Small shape
P1	HGM193	Small			Small shape
P1	HGM313	Small			Small shape
P1	HGM317	Small			Small shape
P1	HGM318	Small			Small shape
P1	HGM324	Small			Small shape
P1	HGM148	Large	100	-	Small shape
P1	HGM199	Large	-	100	SWA Wild Boar
P1	HGM265	Large	-	100	SWA Wild Boar
P2	HGM058	Small			Small shape
P2	HGM303	Small			Small shape
P2	HGM438	Small			Small shape
P2	HGM059	Large	-	100	SWA Wild Boar
P2	HGM063	Large	-	100	SWA Wild Boar
P2	HGM295	Large	7.14	92.86	SWA Wild Boar
P2	HGM346	Large	7.14	92.86	SWA Wild Boar
P3	HGM008	Large	71.43	28.57	Small shape
P3	HGM012	Large	100	-	Small shape

**Table 2 Wild and domestic shape attribution after CVA with crossvalidation percentages**



## V. Discussion

The relatively recent studies where pig domestication and wild pig management have been proposed for sites with earlier chronologies than the oldest occupations from tell Halula, makes this site in a favourable position to consider the exploitation of domestic pigs throughout all the occupation sequence. As previously said, management of boar population is a necessary fact to understand their transport to the island of Cyprus as early as 11.400 cal BP (Vigne 2013). Even if heavily criticised (Peters et al. 1999; Ervinck et al. 2001), wild boar management continental dates have been pushed to the beginning of the 13th millennium with the evidences from Hallan Çemi (Redding 2005). In this case, recent geometric morphometric analysis on pig teeth from the site (Price and Evin 2017) confirm the completely wild status of the suid population, which doesn't turn in favour of this hypothesis, while it doesn't exactly deny it either. Way more consistent is the hypothesis presented by Peters et al. (2005) arguing for a local process of domestication in the site of Nevali Çori starting around 10500 cal BP.

Being as it is, geometric morphometric data from tell Halula give a scarce perspective on pig's domestic status in the site. Size evaluation through Centroid Size values of upper second molars allowed to separate two significantly size differentiated groups of pig population. It must be said though, that previous biometric analysis (Saña, 1999; Tornero, 2014), including a bigger measurements dataset, argued on the difficulty to completely separate both populations, and the presence of domesticates was only proposed around the latest phases of the middle PPNB. While sample scarcity might play a role in the easily polarized separation, centroid size was, even so, an effective way to reveal this two groups. The smaller ones were thus attributed to small pig domesticates. The bigger group, overlapped with the wild boar reference population, were put under geometric morphometric analysis. Although the sample is small and we should take the results with caution, being able to separate this two groups is already meaningful. Regarding the group of small pigs, the samples could be successfully associated to specific occupation phases of the site. As follows, occupation phases 1 (HGM187), 5 (HGM193), 12 (HGM313, HGM317, HGM318, HGM324), 13 (HGM438), 13-15 (HGM058), 14-16 (HGM303). Taking into consideration that size-wise this samples are significantly out of the range of the wild reference population, be it male or female, we can considerably safely assume, as we have done when using them as the domestic intrasite base reference, that they correspond to already domesticated individuals. Earlier works on the exploitation of *Sus* in tell Halula hypothesised its domestication between OP 6 and OP 14. This new data puts on the scales an early introduction of domesticated pigs in the site during its founding moments.

Following on the geometric morphometric analysis, results evidence that during the OP 7, halfway into the mPPNB, a wild-sized specimen (HGM148) is showing a small domestic morphology. Nevertheless, there is not a single other evidence of another case until the two specimens (HGM008 and HGM0012) from OP 35, beginning of the Halaf period, nearly 1.5k years after. Consistent assessments with this few evidences are difficult. Even so, being able to register wild-sized individuals with small domestic shape is indicative of some kind of introgression or interbreeding among domestic and wild *Sus*. As with the small domestic specimens, what's their origin is something that should be discussed.

It's also highly valuable that other molars shape data could be successfully clustered in two separate groups. Knowing that all of the molars were of wild-size, and having the results obtained for M<sup>2</sup> as a reference for expected results, the effective clustering of two groups for the other molars further supports a probable presence of hybrid populations in the site.

The results obtained through the hypoplasia analysis clearly shows that somewhere between the middle PPNB and the late PPNB, *Sus* health takes an extreme turn for the worse that will only keep increasing during the occupation sequence of the site. Although the sampling gap for the most recent part of the late PPNB and early pre-Halaf might be somewhat misleading, it is clear enough that OP 13, that is, on the turnover from middle PPNB to the late PPNB, concentrate the highest percentages of LEH affected specimens detected in the site (43,47, NR=23, closely followed by OP 35 (42.85%, NR=14), at the beginning of the Halaf period. The opposite can be said for OP12, which, while shouldering an important amount of the samples available for Period 1, it shows one of the lowest percentages of LEH presence (13.3%), in heavy contrast with the following occupation phase. The overall view of LEH affectations through the proposed periodization sees to this same breaking point from middle PPNB to late PPNB, not only on the number of dental pathologies but also in their intensity. With the pre-Halaf and Halaf period, not only rises the percentage of pathological teeth but their intensity is heavier too. Living conditions for the exploited pigs are thus clearly deteriorating with time. The number of hypoplasia marks per teeth and age of affectation is also somewhat revealing in this sense. Period 3 shows a clear higher number of specimens undergoing one or more (up to three) periods of stress during their lactation period (around 2 months of age or before), with a similar development during 5 to 9 months (up to four stress events detected) and 12 to 18 months (up to 5 events of remarkable stress). During the previous two periods, affectations seem to obey a more punctual pattern, with just one or two marks per tooth. Nevertheless, periods of stress are quite pinpointed to the lactation months.

The causes underlying this outburst of pathologies in young piglets is most probably the result of a poor intake of nutrients, which should be related to, at least, two main cause. On one hand, problems on securing food causes insufficient milk production on sows. Milk, as evident as it sounds, is the main source of nutrients intake for lactating animals, and is also the main source of reinforcement of the immunological system. Needless to say, insufficient milk production means insufficient nutrients for lactating pigs, and lacking nutrition is an obvious direct cause of death, unless alternative adequate feeding sources are provided.

On the other hand, the main points of the intensification of the husbandry practices is to have a higher return ratio for the work invested in the maintenance of the herds. Reducing the time of lactation is a practice known to enhance the productivity in modern systems (Lecce et al 1979). However, early weaning has a significant impact on the immunological vulnerability of young pigs, thus being an important risk factor for the development of illnesses and also for the survival of the animal (Blecha et al. 1983). Artificial feeding or access to other sources of food can however compensate the survival rates, but some kind of physiological stress is bound to happen due to the drastic change in the diet of physiologically immature pigs.

Penning, or so to say, reduction of individual space, is another strategy linked to the intensification of husbandry practices. Confined spaces are bound to turn into a more insalubrious habitat, thus increasing risks of infections and other illnesses, if they're not maintained really well. Limited mobility and exceeding proximity to other animals can also increase physiological stress and the spread of contagious illnesses. But, nevertheless, constant access to food increases the fattening rhythm of pigs.

The increase in dental pathologies in tell Halula takes place in a moment where at least goat and sheep husbandry practices have been part of the economic activities of the site for some centuries already. And thus, knowledge for an adequate management of herds should be considered quite well established. In a human context, it is difficult to imagine a situation where pigs, with their absolutely broad food habits, can't be fed somehow unless food scarcity is severe enough to pose a problem to humans too, which is not apparent in tell Halula. Low milk productivity on one or few sows should not pose a problem, since it can be easily solved with other sows taking the burden. Compensating with artificial feeding might, nevertheless, affect the piglets' health, but that is something more bound to happen as a result of early weaning.

Consequently, intensification seems a more reasonable explanation for the increase in pathologies in lactating pigs in tell Halula. Intensification is also consistent with the general increase of presence and intensity of hypoplasia affectations during other development stages. In this sense, results seem to suggest that the presence of hypoplasia might be related to specific developmental stages, between 5 to 9 months and between 12 to 18 months.

Linking this to seasonal variation is rather difficult. The main reason for that is pigs' capacity for reproduction. Pig's mating season is considered to primarily focus in autumn and then in summer too (Rosell et al. 2001). Even so, it's generally accepted that pigs can birth during almost all the year. If we cannot pinpoint the moment of birth, 5 to 9 months or 12 to 18 months after birth is too much of an imprecision to reliably link seasonal food availability to the presence of hypoplasia. However, following the reasoning laid out by Dobney et al. 2014, our data is also consistent with the periods of stress defined by birth and weaning, and first an second winter. While some other situations of stress are most probably also represented, seasonal food scarcity might be one of the main causes pf hypoplasia in tell Halula.

The presence of hypoplasia between 12 to 18 months might be more informative. Female pigs reach reproductive maturity between 8 to 10 months of age. In the wild, competition with older females usually prevents them of reproducing before two years. But in a managed environment, with competition reduced to the minimum and human drive to increased productivity, earlier reproduction is a given. Without pushing it too far, pathologies associated to the 12 to 18 months group, might be related to such an early birthing.

The results obtained suggest that in the site of Tell Halula domestic at least 3 different populations of pigs are being exploited since the earliest phases of occupation. Wild boar is clearly an important part of the economy of the site, especially during the middle PPNB. However, the identification of a significantly smaller population of pigs (compared to wild boar reference data) during the early occupation of the site support the exploitation of a domestic population. Nevertheless, documenting large size pigs with domestic molar shape, highlights

the probable presence of a hybrid population, which hints to a well established practice of free ranging management. Traditional biometric data could already document a high variability in the size of pigs and geometric morphometrics confirms that it might be related to the hybridization phenomena that characterize the first stages of domestication. In this regard, several authors (Albarella et al. 2006) already propose that flows between wild and domestic populations would be more intense than has traditionally been considered. Despite this, it is significant that Çayönü has a lower variability than Tell Halula.

Nevertheless, the results of the geometric morphometrics analysis ask for some more considerations. Unfortunately, we can't consider the information generated with GMM as a clear representation of a tendency along the occupation of the site, but still, some facts remain. A significantly smaller breed of pig was successfully identified as early as occupation phases 1 and 5. While it's just one single sample per occupation phase, it's there. At the same time, a wild size specimen with small (a.k.a domestic) shape was documented during a bit later, on OP 7. At the same time, the data obtained on the other molars also supports the presence of two different large size populations of pigs. Tell Halula's inhabitants were most probably intentionally managing and exploiting domestic pigs since the beginning of the occupation. But just at the beginning of the late PPNB, during OP13 *Sus* are subject to a clear and undeniable intensification of the management strategies practiced, evidenced by the exaggerated rise of hypoplasia marks. As said before, previous considerations on pig domestication in the site (Saña, 1999), proposed a frame going from OP 6 to OP14, which holds quite true to these new evidences. The presence of domestic-shape large pigs could be a result of their managing on a loose free ranging basis or be reflecting an early experimentation on pig management. In any case, the incorporation of external wild specimens to the domestic herd is pretty much evident. Considering other species documented in the site, the ex novo adoption of domestic sheep during the middle PPNB in Tell Halula is evidence of a continuous flow of animal populations. The adoption and incorporation of specimens of diverse origins could be as common as contact and reproduction between wild and domestic individuals.

Starting in the late PPNB and continuing to the pre-Halaf and Halaf periods, there is a clear worsening of the pig herd's stress. This fact indicates a further intensification of herding practices. With an all-eating animal like the pig, aridization of the climate hardly explains a change in the feeding of this species that could cause such degree of affectations. It is thus more feasible that the increase in hypoplasia marks might be a result of incorporating management practices focused on rising return rates such as early weaning of the piglets (Leibbrandt et al. 1975, Blecha et al. 1983), incorporating sows into the reproductive cycle at an earlier age or multiple birthings a year. Considering a higher production, supported by the increase in the percentages of representation of pigs coinciding with the phases where the higher rates of hypoplasia marks have been identified, more pigs living in a limited space can also weight on the welfare of the animals (Martínez-Miró et al 2016).

Both alimentary control that results in nutrient deficiency (inadequate diet or lack of food) and restriction of freedom of movement of the specimens are factors that cause greater stress in animals, pre-conditions for the apparition of LEH. More intense hypoplasia marks and a general decline in size argues in favour of a turn for an intensification of production strategies, with a

better regard for production than for the animals' welfare. The slaughter of older individuals during the last stages of Tell Halula is also hinting to a change for a more long-term maintenance strategy.

Çayönü plays as a reference for the interpretation of LEH. Ervynck et al. 2001, consider that the reduced presence of marks of hypoplasia during the older phases could be linked to the first phases of domestication of the pig. Following the same trend as in Tell Halula, the number and intensity of hypoplasias increases throughout the ceramic Neolithic.

Pig farming is well documented in Southwest Asia from pre-Halaf in most sites. Extensive herding has been proposed as the most plausible breeding strategy (Redding and Rosenberg, 1998). Under this regime, it is possible to maintain a certain degree of control over the reproduction of the pigs, their diet and mobility while, at the same time, they can feed and reproduce freely, accepting into the equation the interbreeding with wild populations (Price and Arbuckle 2013). Under these conditions, phenotypic changes would occur more slowly than in intensive regimes, although techniques such as geometric morphometrics allows to narrow down some of these changes immersed in the variability of the species. At the same time, it is possible to detect the increase of the affectations in the dental enamel. Both questions demonstrate that these techniques can be used as indicators of the domestic status as well as to detect changes in management strategies while highlighting the variability and complexity of the domestication process.

## VI. Conclusions

Domestication is a complex process involving both natural and social factors. The results obtained from the geometric morphometrics analysis show that during the initial moments of domestication the animal populations have a high variability that is difficult to detect through the study of size variability alone. This variability is probably the result of contact and flow among the domestic and wild populations. Domestication is therefore not a linear process.

Despite the complexity of the evolutionary changes that lead to the fully domesticated pig, the results generated by the study of dental hypoplasia, show that the social dynamics of pig management fall towards an increasing human control over the herds, although there would be long periods of stability in the strategies followed. This fact shows that although the processes of domestication of the pig are complex and subject to high variability, they can be considered as a side effect of the herd maintenance strategies themselves, which would integrate hybridization and, perhaps, repopulation, as part of its optimal management. It should be borne in mind that the hybridization of the pig, unlike other species, does not bring any productive advantage per se (Marshall et al. 2014), which is to say that wild specimens could be understood, in a certain way, as a distant part of the main herd.

The results obtained through the analyses undertaken highlight the need to develop multidisciplinary and transversal analyses in archaeozoology in order to generate more complex

hypotheses that take into account the different biological and social aspects that could affect the evolutionary dynamics of the animals.

## 5.2. Trets biomecànics i estructurals en les primeres poblacions de cabres domèstiques i ovelles domèstiques a tell Halula

S'ha evidenciat a tell Halula (Saña, 1999; Tornero 2011) que durant les ocupacions més antigues la majoria de recursos explotats s'obtenen a partir sobretot de l'activitat de cacera. A partir de criteris biomètrics s'ha evidenciat la presència de *Capra hircus* des de la primera fase d'ocupació (Saña, 1999). Cal considerar doncs que la pràctica de la ramaderia sobre *Capra* s'hauria iniciat en moments anteriors, ja que els efectes de la selecció artificial es registren sobre l'esquelet animal. Si bé els percentatges relatius de representació de les restes de *Capra* (en les primeres ocupacions del Tell) oscil·len al voltant del 30% del total, cal esmentar que a partir de la quantitat de biomassa potencialment subministrada s'evidencia com el seu contribució a l'alimentació seria inferior a la dels bovins i equivalent a la dels equins, suïds, gasela i cèrvids. El número mínim d'exemplars sacrificats d'aquesta espècie és superior però al de la resta de espècies. Considerant que per a les dues primeres fases d'ocupació analitzades es disposa de poques dades biomètriques de *Capra*, s'ha de plantejar la possibilitat de que els exemplars sacrificats puguin correspondre tant a la forma salvatge com a la domèstica o bé poden estar representant a les dues simultàniament. A partir de les edats es documenta un sacrifici majoritari de mascles d'edat inferior als sis mesos, fet que evidència un elevat grau de control (Saña i Tornero, 2013).

L'estratègia practicada durant les cinc primeres fases d'ocupació consisteix doncs en una estratègia mixta articulada al voltant de la ramaderia de cabra, amb una major importància relativa de l'activitat de caça en relació a la quantitat d'aliment carni potencialment subministrat. El tipus de ramaderia practicada aniria dirigida a l'obtenció de carn i potencialment també de llet (Saña i Tornero, 2008; Saña i Tornero, 2013). L'àmplia diversitat d'espècies explotades a partir de l'activitat de caça podria estar condicionada per l'interès en mantenir una certa estabilitat dels ritmes reproductius dels ramats de cabres, d'acord amb les variacions estacionals i necessitats i disponibilitats de la comunitat.

Serà a partir de la fase d'ocupació 8 quan es documenta un canvi en aquesta estratègia, amb un augment en l'explotació de cabra i l'inici de la ramaderia d'ovella. El tipus de ramaderia practicada és essencialment ovina i el mode d'explotació ramadera està orientat principalment cap a l'obtenció de producte carni. La quantitat de biomassa potencialment subministrada per ovelles i cabres no supera però el 15% del producte alimentari potencialment obtingut amb l'explotació dels recursos animals (Saña i Tornero, 2008; Saña i Tornero, 2012), dada que es podria vincular amb la importància potencial de la producció làctia i, a partir de la fase d'ocupació 8, també de llana (Saña i Tornero, 2011). A partir de la fase d'ocupació 9 es registren uns percentatges relativament superiors d'ovella, conseqüència de l'estabilització en la ramaderia de aquest recurs (Saña, 1999). El mode d'explotació ramadera es dirigeix prioritàriament a la reproducció dels ramats (no es sacrifiquen els individus en edat reproductiva) i a l'obtenció de producte carni (sacrifici majoritari d'individus mascles entre 1 i

2 anys), tot i que es documenta també la presència puntual d'exemplars adults de més de 6 anys. A partir de la fase d'ocupació 16 es constata el paper principal de la ramaderia d'ovicaprins en l'estratègia practicada, conjuntament a una disminució progressiva dels recursos explotats a partir de l'activitat de caça (Saña i Tornero, 2008; Saña i Tornero, 2013).

En base a aquesta dinàmica general registrada son varies les aportacions que la caracterització biomecànica de les restes de cabra pot realitzar per tal d'ampliar el coneixement sobre com la domesticació animal i ramaderia inicial va impactar en el mode de vida de les poblacions salvatges i sobre quines repercussions va tenir aquest fet en l'organització i vida quotidiana de les comunitats assentades a tell Halula. De manera concreta, un dels primers aspectes a avaluar es el grau en que operaven les pressions selectives durant aquests primers estadis de domesticació. Tal com s'ha mencionat, l'allunyament dels animals de la seva àrea de vida natural i la seva cria aprop o en el mateix assentament va tenir repercussions importants en el règims de mobilitat d'aquests animals. Les pautes d'activitat canviaren també probablement de signe. La protecció directa per part de les comunitats humanes i el subministre d'aliment en les estacions més improductives pogueren influir en les resposta de reacció envers les adversitats i també en els règims d'activitat. També cal contemplar la situació inversa, les noves condicions d'ús de l'espai i distribució de mascles i femelles en els ramats, en el cas de que es duguessin a terme règims de cria confinats, influïren en els nivells d'estres dels animals. La mobilitat animal aniria molt vinculada a la pastura i podria estar condicionada pel paper de cada animal en els cicles productius i reproductius. Es per tant d'esperar que en ramaderia la distribució de les carregues i pressions sobre els ossos pogués ser diferencial segons l'edat i sexe dels animals. Tenint en compte aquestes assumpcions, la caracterització biomecànica dels húmer de cabra recuperats a tell Halula s'ha orientat a generar dades i respondre a qüestions específiques com:

- S'observen diferències importants entre la població salvatge i la domèstica en quan a les propietats biomecàniques ?
- Quin grau de variabilitat es registra en la població domèstica per cada un dels paràmetres?
- Es pot relacionar aquesta variabilitat amb diferents estratègies de gestió o amb el paper diferent de l'animal dins del ramat ?
- En cas d'existir diferències, poden estar vinculades a la producció ?
- Hi ha correlació entre estadis d'edat i sexe i els valors obtinguts dels paràmetres mesurats ?
- Es documenten variacions al llarg del temps que es puguin associar amb canvis en la gestió dels ramats domèstics?
- Aporten informació concreta els paràmetres mesurats sobre el règim de manteniment dels animals?
- Aporten informació concreta els paràmetres mesurats sobre el règim d'alimentació dels animals?

- Aporten informació concreta els paràmetres mesurats sobre el règim d'explotació dels animals?

Tal com s'ha presentat a l'apartat de mètode, per respondre a algunes d'aquestes qüestions es necessari incidir en les causes de la variabilitat aportant o generant dades de diferent índole que permetin avaluar l'abast i grau de representativitat dels valors obtinguts a partir de l'aplicació dels diferents paràmetres. Per això s'ha considerat oportú treballar diversos elements esquelètics (húmer, tíbia, metàpodes) i contrastar els resultats obtinguts per la cabra, a més de amb la població salvatge de referència actual, amb els que presenten les ovelles a tell Halula.

Com s'ha mencionat a la introducció d'aquest apartat, l'ovella domèstica es documenta a tell Halula a partir de la fase d'ocupació 8. En conjunt, el percentatge de representació d'ovella respecte a cabra en aquests primers moments d'adopció de la ramaderia ovina és de 20,2% (relació de 6: 3 sobre la base del NMI sacrificats). L'histograma d'edat de la població ovina per a la Fase 8 mostra un patró de sacrifici dominat bàsicament per individus d'edat avançada (48 a 60 mesos), completat en segon ordre per freqüències associades a les categories infantil i immadur. En relació al sexe, la distribució de les mesures de l'húmer evidència l'existència de diferències significatives entre dos grups de població, un amb valors inferiors molt dominant, i un altre amb valors superiors i amb menor proporció d'efectius, associats aquí als grups de població de femelles i mascles respectivament (Torneró, 2011; Saña i Torneró, 2012; Torneró et al. 2016). En general, la distribució mostra la presència de mascles i femelles en totes les fases. S'observa també una proporció molt similar entre els dos grups de població, sempre favorable al grup de femelles en totes les Fases d'ocupació, i, una certa tendència a una disminució gradual dels valors de les mesures representatives de les femelles, documentant valors inferiors a mesura que avança la seqüència, davant d'una aparent no variació en el cas dels mascles. La introducció de l'ovella va poder significar, en aquest sentit, un intent d'estabilitzar la base de subsistència a llarg termini en previsió de riscos futurs o, simplement, per satisfer les demandes durant les estacions improductives. Es proposa també que aquesta introducció aniria vinculada a l'explotació de les fibres animals (Saña i Torneró, 2012). A la fase d'ocupació 9 s'observa un augment significatiu dels percentatges de representació d'*Ovis* respecte a *Capra* (44.4%), amb una relació equivalent d'individus sacrificats (2:2). De forma concreta, durant la Fase 9 el patró de sacrifici de població adulta és més dilatada entre les categories d'animals adults, dominant sempre els individus entre 36 i 48 mesos d'edat (Torneró, 2011; Torneró et al 2016). El nombre de femelles respecte mascles segueix sent molt similar a aquesta Fase.

Durant la fase d'ocupació següent, fase d'ocupació 10 (7560-7400 cal ANE), es documenten diversos punts d'inflexió interessants en la dinàmica d'explotació dels ovins. En primer lloc, cal esmentar com a fet significatiu que la relació ovella-cabra s'inverteix. El percentatge elevat de representació d'*Ovis* respecte a *Capra* (63.1%) i el sacrifici majoritari d'ovelles respecte a les cabres (2:1) constitueixen una evidència de la importància progressiva que pren la ramaderia d'aquesta espècie enfront de la de *Capra*. En segon lloc, es documenta una intensificació del sacrifici en edat adulta, de manera que la població sacrificada abans de dos anys és només del 17,3%. El percentatge de femelles respecte mascles en edat adulta segueix sent. A partir d'aquest moment, el tipus de ramaderia practicat se centra en una explotació equilibrada entre



ovella i cabra, amb un sacrifici superior però d'ovelles (5:3) (Tornero 2011; Saña i Tornero, 2012). Continuant en el temps, durant les Fases 11 i 12, es documenta no només l'estabilització del percentatge relatiu de representació d'ovelles davant de cabres sinó també dels perfils demogràfic de sacrifici i de la composició dels ramats, mostrant ara una clara sobrerrepresentació de femelles adultes, tant en aquestes fases com en les posteriors. D'aquesta manera, l'estratègia seguida en l'adquisició dels recursos animals s'articula a partir d'una activitat ramadera basada en una explotació dirigida al manteniment i reproducció dels ramats d'ovelles i cabres, juntament a la producció làctia i explotació de fibres animals. Anàlisis d'isòtops estables seqüencials en la bioapatita de l'esmalte dentari en restes d'un total de 10 ovelles corresponents a les fases d'ocupació 8-11 han permès constatar que els naixements estaven sincronitzats per aquesta espècie, presentant un període de naixement similar al observat en les poblacions modernes de muflons i als ramats dels pastors nòmades o seminòmades a la zona d'estudi. Tot i això, aquest període és més curt que el que s'observa en alguns grups sedentaris i en les poblacions d'ovelles modernes en explotacions mixtes d'aquesta zona. De moment, no és possible determinar si aquesta dinàmica és intencional o resultat de l'adaptació ambiental (Tornero et al, 2015). L'avantatge dels naixements agrupats es que permeten concentrar el treball humà en un període restringit al llarg del cicle anual (Tornero et al. 2015), si bé no es pot descartar del tot la influència dels factors ambientals en el manteniment d'aquest patró.

Seguint avançant en la seqüència arqueològica de tell Halula, es documenta com a partir de la fase d'ocupació 18 (finals PPNB recent) s'assisteix a un increment significatiu d'animals representats d'aquesta espècie que tenien al morir entre 4-6 anys d'edat. És interessant remarcar que, a partir d'aquesta cronologia, l'estratègia ramadera practicada seguirà uns patrons que es poden qualificar de estandarditzats, en el sentit que l'explotació dels recursos animals es centrarà pràcticament en la gestió dels ramats domèstics, principalment d'ovelles i cabres (Saña, 1999; Saña i Tornero, 2008; Saña i Tornero, 2012).

En base a aquestes constatacions, i tenint en compte de manera concreta el regim diferent d'explotació documentat entre ovelles i cabres, ens podem preguntar també si aquesta diferència pot quedar representada a partir d'algun dels paràmetres mesurats.

Es presenten en aquest apartat els resultats obtinguts amb l'anàlisi de les restes de *Capra* recuperades al jaciment de tell Halula. Tal com s'ha exposat en apartats anteriors, l'objectiu es avaluar si hi ha diferències significatives entre la població salvatge i la domèstica que quedin representades a la microestructura òssia, si es possible identificar trets biomecànics dels animals d'aquestes espècies relacionables amb la seva gestió i explotació i si es produeixen canvis al llarg de la seqüència arqueològica de tell Halula. La mostra treballada es la descrita a l'apartat de materials. Es descriu en primer lloc la població de referència que s'ha utilitzat de cara a la referenciació dels resultats obtinguts.

### 5.2.1. Descripció de la població de *Capra aegagrus* utilitzada com a referencial

Per tal de disposar d'un marc de referència que faciliti la interpretació de les dades analitzades es va seleccionar una mostra de 12 cabres salvatges provinents del sud-est asiàtic (Taula 1). Els exemplars utilitzats formen part d'una col·lecció més àmplia de 37 espècimens de *Capra aegagrus* a càrrec del Departament de Zoologia del Field Museum of Natural History de Chicago. Durant la seva etapa de conservador del museu, Douglas Lay recollí bona part d'aquests exemplars (Lay 1967; Zeder, 2006). La resta són, en bona mesura, una donació de l'investigador Charles Reed, qui les recollí durant les expedicions arqueològiques dirigides per Braidwood a Iran i Iraq (Zeder, 2006).

CODE	GR	R	SX	ED	Os	L	BT	H	h	Bd	Dd
57949	Iran	P	F	E	HU	R	27.2	15.73	12.09	28.53	-
57949	Iran	P	F	E	TI	R	-	-	-	22.81	17.83
84486	Iraq	M	F	G	HU	R	27.32	17.51	12.88	29.03	-
84486	Iraq	M	F	G	TI	L	-	-	-	22.48	18.28
97919	Iran	M	F	E	HU	L	28.7	17.78	13.4	31.12	-
97919	Iran	M	F	E	TI	R	-	-	-	24.93	18.07
97921	Iran	M	F	F	HU	R	27.9	16.74	12.5	29.05	-
97921	Iran	M	F	F	TI	L	-	-	-	25.14	18.3
97925	Iran	P	F	G	HU	L	26.03	16.1	12.3	28.49	-
97925	Iran	P	F	G	TI	L	-	-	-	22.97	16.79
97926	Iran	P	F	F	HU	R	26.85	16.24	11.59	29.08	-
97926	Iran	P	F	F	TI	R	-	-	-	23.23	17.46
35676	Iraq	M	M	G	HU	L	37.91	23.82	15.98	39.92	-
35676	Iraq	M	M	G	TI	R	-	-	-	31.31	26.08
57937	Iran	P	M	D	HU	L	30.42	19.14	13.81	32.93	-
57937	Iran	P	M	D	TI	L	-	-	-	24.88	20.93
57943	Iran	M	M	E	HU	L	34.92	23.76	17.01	37.64	-
57943	Iran	M	M	E	TI	R	-	-	-	29.24	23.6
58018	Iran	M	M	G	HU	R	35.46	22.91	16.76	39.89	-
58018	Iran	M	M	G	TI	R	-	-	-	32.56	26.33
97910	Iran	M	M	C	HU	L	34.24	21.65	15.61	36.6	-
97910	Iran	M	M	C	TI	R	-	-	-	28.16	24.28
97924	Iran	P	M	F	HU	L	31.88	19.92	17.84	35.44	-
97924	Iran	P	M	F	TI	R	-	-	-	27.68	20.67

**Taula 1** Mostres seleccionades de *Capra aegagrus* com a referencial. S'indica el Codi de referència, la regió d'origen (GR), el relleu esperat per al punt de recollida de les restes (R; P=plana; M=Muntanya), sexe de l'animal (SX; F=femella; M=mascle), Os (HUmer i Tibia) i lateralitat (R=dreta i L=esquerra). S'indiquen també les mesures segons von den Driesch 1976 i Helmer 1995.

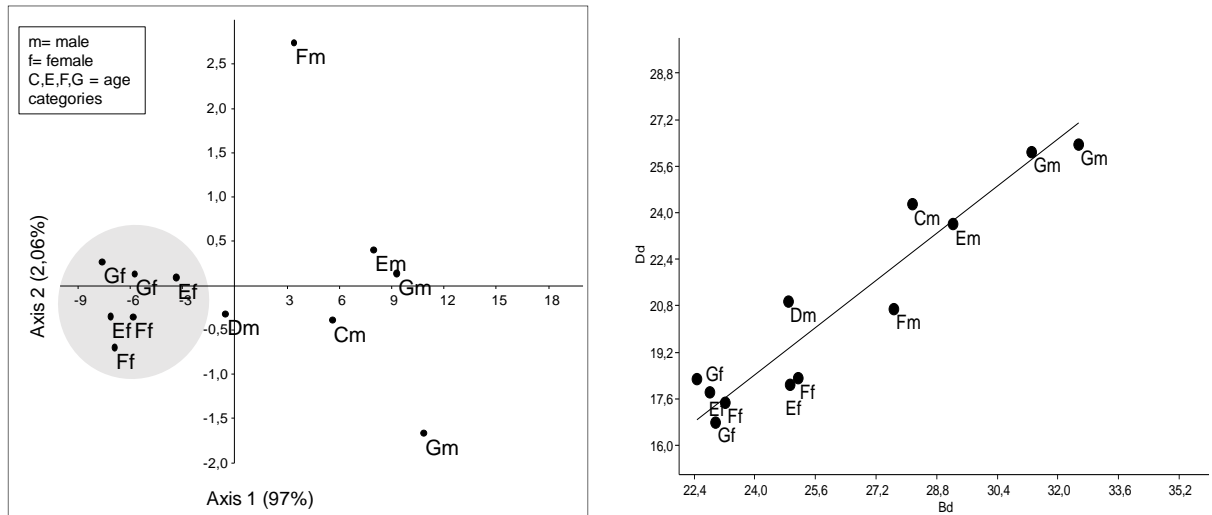
Entre el 1996 i el 2003, aquests exemplars de *Capra aegagrus*, juntament amb altres espècimens de *Capra hircus*, *Ovis orientalis*, *Ovis vignei* i *Ovis aries* foren estudiats per Melinda Zeder tot realitzant una revisió dels diferents criteris emprats per determinar l'edat d'ovelles i cabres a partir de la fusió dels ossos i el desgast dentari (Zeder 2006).

Les mostres seleccionades per aquest treball consisteixen en un húmer i una tibia d'un total de 12 espècimens diferents, 6 mascles i 6 femelles. Els 24 ossos seleccionats foren escanejats per April Isch Neander amb l'escàner de tomografia computada de raigs X del Luo Mammal Paleontology Lab de la Universitat de Chicago (dirigit pel professor Zhe-Xi Luo). Els arxius generats per l'escaneig foren posteriorment processats al Laboratori d'Arqueozoologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Donades les dimensions màximes dels objectes que l'escàner pot capturar, es va prioritzar la captura de les dades tomogràfiques de les parts distals dels ossos, en consonància amb les fraccions més representades dels húmer i tibia d'aquestes espècies disponibles per al jaciment de tell Halula. Les dades concretes sobre les característiques del PaleoCT es poden consultar a la seva pàgina web [luo-lab.uchicago.edu/PaleoCT](http://luo-lab.uchicago.edu/PaleoCT).

La identificació del sexe dels individus està disponible per a la seva consulta a través del catàleg online del fons del Chicago Field Museum. Així mateix, l'estudi previ de Zeder també inclou aquestes dades. Donada la naturalesa del treball, Zeder caracteritza l'edat dels diferents espècimens que componen la col·lecció a partir de l'estat de fusió de les diferents parts esquelètiques disponibles per als diversos exemplars i també del seu desgast dentari. Atès que l'estimació de l'edat de cada individu realitzada per Zeder inclou un anàlisi més detallat que el que podem obtenir a partir dels escàners parcials de dues parts esquelètiques concretes, es prenen aquestes dades com a punt de partida per a la caracterització del conjunt de referència seleccionat. Els grups d'edat proposats per Zeder (2006) permeten caracteritzar el rang d'edat inclòs en la mostra de referència seleccionada. Entre els 12 espècimens seleccionats per al present estudi, queden reflectits els grups C, D, E, F i G. Cal doncs, que posem especial atenció sobre els grups que corresponen a individus amb ossos encara en procés de fusió (grups C i D) i possiblement també sobre el grup d'edat més avançada (Grup G).

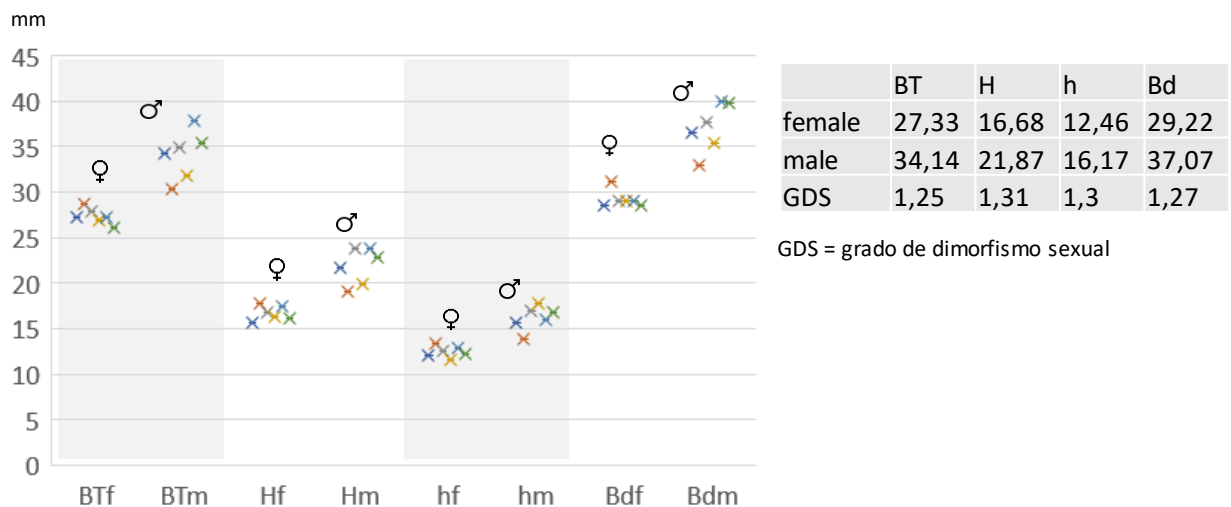
#### 5.2.1.1. Caracterització biomètrica dels exemplars que componen la població de referència

S'ha realitzat en primer lloc una anàlisi integrada de les 4 mesures de l'húmer (Bd, BT, HTc i h) a partir d'anàlisi de component principal (Figura 15). Els resultats obtinguts mostren com la Component 1, amb el 97% de pes, separa la població entre mascles i femelles. S'observa com la població de femelles es molt més compacte que la de mascles. En relació a aquests darrers, les mostres 97924 i 58018 queden en els extrems de la variabilitat. La mostra 57937 es la que més proximitat mostra amb la població de femelles, localització que be determinada per l'edat de l'animal i pel fet de que no estigui encara fusionat. A part d'aquesta mostra, no s'observa cap ordenació específica respecte a la variable edat, sent per tant el sexe de l'animal la variable que jerarquitzava les dades. S'ha realitzat també un diagrama de dispersió amb les mesures Bd i Dd de la tibia (Figura 15). Els resultats obtinguts són els mateixos, observant-se el mateix grau d'agrupació per les femelles i el mateix marge de variabilitat pels mascles i la independència de la variable edat en les mides. Tot i així, s'observa una tendència a una major similitud entre els exemplars d'edat adulta.



**Figura 15** A l'esquerra, anàlisi de component principal a partir de les mesures preses i tenint en compte les categories d'edat definides (de més jove a més gran ...C, D, E, F, G) i el sexe de l'animal (f=femella, m=mascle). A la dreta, gràfic de dispersió mostrant un dimorfisme sexual marcat entre les dues poblacions.

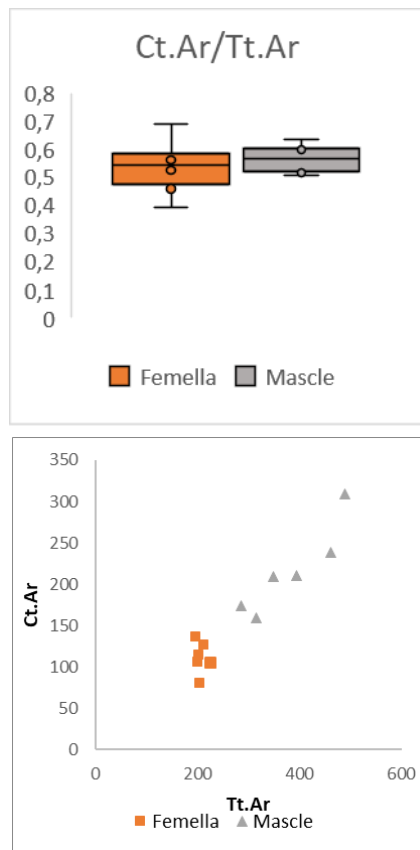
Queda constatada la representació del dimorfisme sexual de les cabres salvatges tant a la tibia com a l'húmer. A la Figura 16 es mostra de manera concreta, pel cas de l'húmer, com aquest dimorfisme es manifesta en cada una de les mides registrades, essent més accentuat per les amplades que en les longituds.



**Figura 16** Dispersió de les diferents mesures de l'epífis de l'húmer on es pot apreciar el grau de dimorfisme sexual (GDS), quantificat a la taula de la dreta.

### 5.2.1.2. Caracterització biomecànica dels exemplars que componen la població de referència

S'ha procedit a continuació a calcular els paràmetres descrits a l'apartat de metodologia relatiu a la caracterització dels trets biomecànics dels húmer de la població de cabres modernes. Els valors absoluts es poden consultar a la l'Annex III. S'ha efectuat en primer lloc la relació entre l'àrea de massa cortical i àrea de la secció transversal. Aquesta relació es indicativa de la



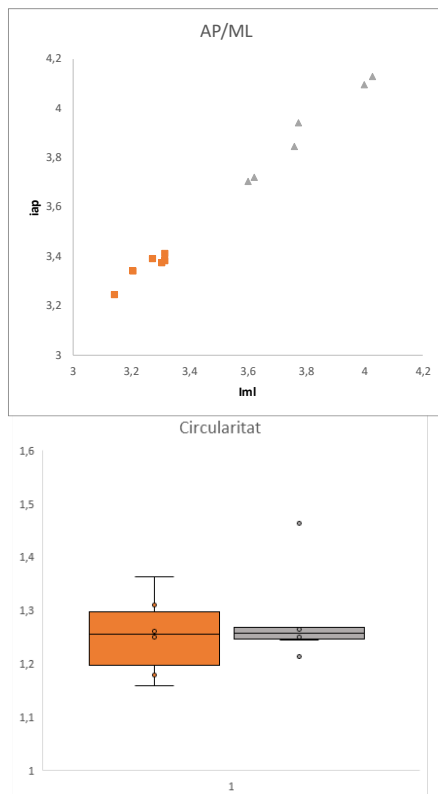
**Figura 17** *Capra aegagrus* de referència. Húmer. A dalt, relació entre Ct.Ar i Tt.Ar de l'húmer. A sota, diagrama de caixes i bigotis representant la mitjana i variabilitat de la quantitat relativa de massa cortical de l'húmer.

quantitat relativa de massa cortical, que reflecteix, sobretot, les forces de tracció i compressió rebudes per l'os. Donat que es tracta d'una relació, la mida de l'os no condiona linealment els resultats (Figura 17).

Tant al diagrama de dispersió com al *boxplot* es pot observar de nou, a partir de l'àrea de la secció transversal i de l'àrea de la massa cortical, la diferència que presenten els valors obtinguts per mascles i femelles, amb valors més elevats pels primers. Tot així, el valor de la mitja es similar ( $m=0.53$  per les femelles i  $m=0.56$  pels mascles). La població referència de mascles presenta una quantitat relativa de massa cortical considerablement homogènia. En canvi, el grup de femelles presenta una major variabilitat pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical, amb valors puntualment més elevats que els dels mascles (CV femelles=19.3; CV mascles= 9.3). La relació entre la mesura anteroposterior i la mediolateral es mostra a escala logarítmica (Figura 18), observant-se valors més elevats pels mascles, condicionat sens dubte per la seva major talla relativa.

S'han obtingut a continuació els valors de circularitat, calculats en relació als moments de l'àrea anteroposterior i mediolateral (Figura 18). Aquest valor es indicatiu de com es distribueix la massa cortical en l'àrea de l'os. Donat que aquesta distribució és, en bona mesura, el resultat de l'adaptació a l'estrès mecànic que reben els ossos, l'índex de circularitat és un bon indicador de l'orientació de les forces que el moviment de l'animal genera. Igual que en el cas de la quantitat relativa de massa cortical, en tractar-se d'un índex, la mida no condiona els resultats obtinguts. Tal com està plantejada la fórmula per calcular aquest índex de circularitat (el moment anteroposterior és al numerador i el moment mediolateral al denominador, podrem obtenir valors entre 0 i  $\infty$ , amb l'1 com a valor central. Així, un valor de 1 indica un equilibri total entre les forces rebudes en l'eix mediolateral i les rebudes en l'eix anteroposterior. Els resultats inferiors a 1 indiquen que el moment en l'eix mediolateral és més elevat que el moment en l'eix anteroposterior. De manera oposada, els valors superiors a 1 indiquen que el moment en l'eix anteroposterior és més elevat que l'eix mediolateral.

El gràfic *boxplot* permet observar com es distribueixen les forces en la secció de l'os practicada. Tant els mascles com les femelles de cabra salvatge de la mostra de referència presenten un moment lleugerament superior a l'eix anteroposterior. En general, a excepció de les dues mostres de mascle que escapen a la norma, la distribució de forces tant per a mascles com per a femelles és molt similar ( $m$  femelles=1.25;  $m$  mascles=1.28). Els valors dels moments anteroposterior i mediolateral així com la proporció d'un respecte l'altre ens indiquen que,



**Figura 18** *Capra aegagrus* de referència. Húmer. A dalt, relació entre els moments d'inèrcia anteroposterior i mediolateral de l'húmer. A sota, diagrama de caixes i bigotis representant la distribució de la massa cortical al voltant de l'eix principal de l'húmer

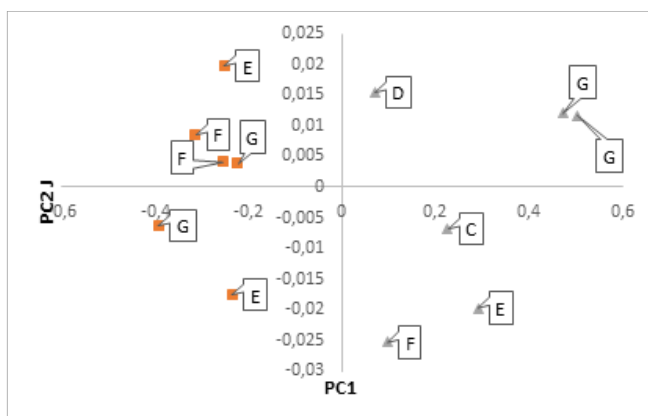
malgrat les diferències patents de talla, que influeixen en la intensitat de les forces rebudes, la direccionalitat de les forces que l'os rep és la mateixa.

El següent paràmetre calculat ha estat el moment polar de l'àrea (J). El moment polar de l'àrea és el resultat de la suma de dues forces perpendiculars qualsevols, en aquest cas, dels moments anteroposterior i mediolateral. Hem pogut veure que aquestes dues forces presenten una marcada correlació amb la mida de l'animal i, per tant, J, que se'n deriva també en depèn. Per tal d'observar les magnituds del moment polar de l'àrea sense que el dimorfisme sexual de la cabra afecti la valoració de les dades, s'elimina la component de la mida a partir de l'anàlisi de component principal de J amb la mitjana geomètrica de les 4 mesures lineals preses sobre l'epífisi de l'húmer (Figura 19). El procediment ens permet apreciar que el primer eix, equivalent a la mida, representa el 99.781 de la variància. El segon eix doncs, representa els valors propis de J sense la component de la mida.

Ens ajudem de la component de mida per representar els valors obtinguts per a J a partir del segon eix de l'ACP en un gràfic de dispersió. Els valors obtinguts per a J es representen tenint en compte les puntuacions d'edat proposades per Zeder (2006). Així, s'evidencia que en el cas dels húmer, l'edat dels animals (sempre que utilitzem

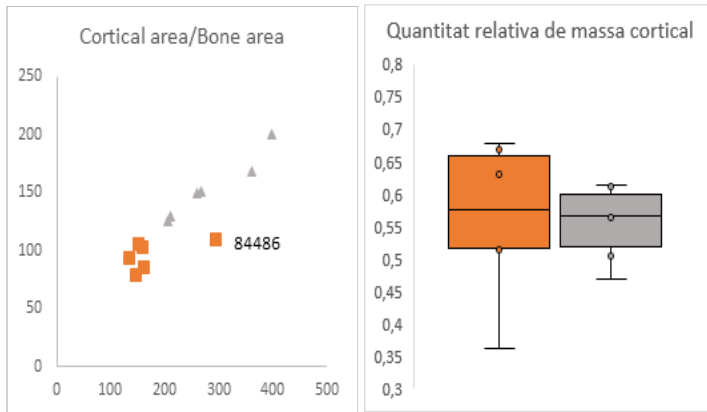
individus adults) no afecta la distribució dels valors. La representació gràfica de J en un *boxplot* ens permet visualitzar possibles diferències entre les femelles i els mascles. La mitjana de J per a les femelles, i també els valors màxims i mínims, és més alta que la dels mascles.

Una vegada caracteritzats a nivell biomecànic els húmer, s'ha seguit el mateix procediment



**Figura 19** *Capra aegagrus* de referència. Húmer. Moment polar de l'àrea (J) reflectint la resistència de l'húmer de a les forces de torsió.

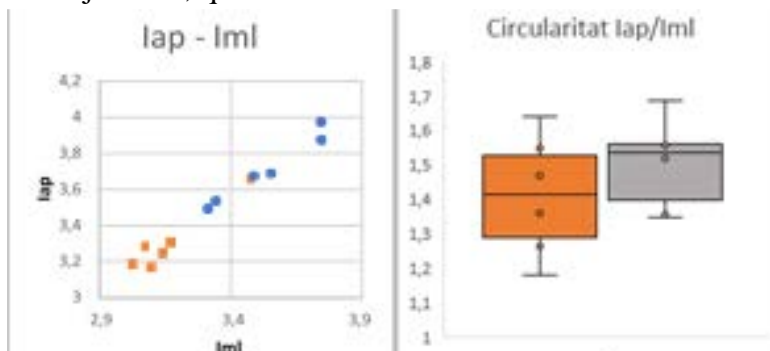
per les tíbies. S'ha efectuat en primer lloc també la relació entre l'àrea de massa cortical i àrea de la secció transversal (Figura 20). De manera similar a la distribució obtinguda a partir de l'anàlisi biomètrica, la relació entre l'àrea de la massa cortical i l'àrea de la secció evidencia el dimorfisme sexual dintre de la mostra de cabres salvatges. Les tíbies dels mascles presenten, en general, una superfície total de la secció més elevada i variable que la de les femelles. En línia amb aquesta variabilitat, la superfície de



**Figura 20** *Capra aegagrus* de referència. Tíbia. A l'esquerra, dispersió dels valors de Ct.Ar i Tt.Ar de la tíbia, diferenciant per sexe. A la dreta, diagrama de ciaxes i bigotis que expressa la mitjana i la variabilitat de la quantitat relativa de massa cortical en la secció de la tíbia de *Capra aegagrus* de referència

relativa de massa cortical, el grup de femelles presenta una major variabilitat que el grup de mascles, presentant tant els valors més alts com els més baixos d'ambdós grups. De mitjana, els valors de les femelles són lleugerament superiors als dels mascles (0.562 i 0.555). La proporció de massa cortical en el cas de la femella 84486, si bé presenta una proporció baixa (36%) (la més baixa de totes amb diferència), no escapa a la variabilitat normal de la mostra (CV=0.0146).

La relació entre el moment anteroposterior i el moment mediolateral que es reflecteix en el gràfic de dispersió (Figura 21) permet apreciar, un cop més, l'efecte de la mida sobre les magnituds obtingudes per a cadascuna de les propietats físiques. En aquest sentit, els individus de major talla, que inclou tots els mascles i la femella 84486, amb una superfície de la secció



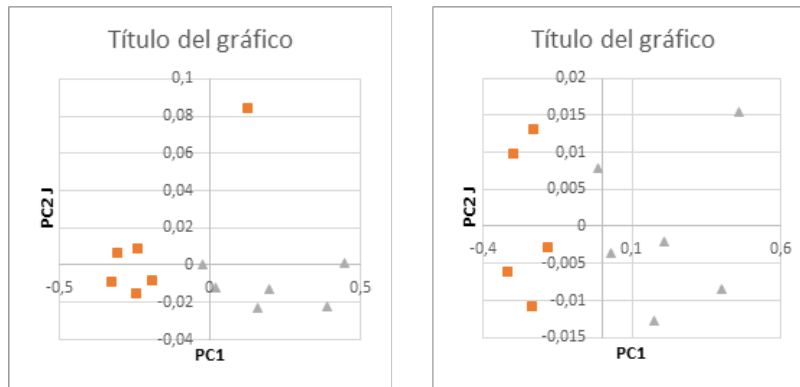
**Figura 21** *Capra aegagrus* de referència. Tíbia. A l'esquerra, dispersió dels moments anteroposterior i mediolateral. A la dreta, diagrama de caixes i bigotis que expressa la distribució de la massa cortical al voltant de l'eix central a partir del coeficient de circularitat,

relació entre el moment anteroposterior i el moment mediolateral indica, per al cas de la tíbia, que la resistència a la flexió en l'eix anteroposterior és, en general, més elevada que la de l'eix mediolateral. De forma més específica, tant la mitjana com els valors mínim i màxim del moment anteroposterior obtinguts per a les tíbies dels mascles són més elevats que en el cas de les femelles.

la massa cortical dels mascles també presenta una major variabilitat ( $m=154.11\text{mm}^2$  CV= 756) que les femelles ( $m=94.64\text{mm}^2$  CV= 143.56). Destaca però l'individu 84486, una femella que, malgrat presentar una superfície de massa cortical equivalent a la de la resta, la seva àrea total és visiblement superior a la de la resta de femelles.

Si ens fixem en la quantitat marcadament més gran que la de la resta de femelles, presenten valors de magnitud més elevats.

La proporció entre una i altra propietat (índex de circularitat), que podem visualitzar a partir del gràfic *boxplot*, (Figura 21) evidencia una lleugera major variabilitat (CV=0.03 i CV=0.017) en els valors obtinguts per a les femelles. La



**Figura 22** *Capra aegagrus* de referència. Tíbia. Dispersió dels resultats de J en relació a la mida després d'eliminar l'efecte de la mida mitjançant ACP. A l'esquerra, amb l'individu 84486. A la dreta, sense l'individu 84486.

L'anàlisi de component principal realitzat sobre els valors logarítmics de J i de la mitjana geomètrica (calculada a partir de les dues mesures de l'epífisi distal de la tíbia segons von den Driesch 1976) indica que el 98.893 de la variança s'explica a partir de la mida dels espècimens, representada en el primer eix de l'ACP. En conseqüència,

el segon eix representa la variabilitat dels valors de J sense els efectes de la mida. S'ha comprovat que l'aplicació de l'ACP no hagi afectat a la direcció de les dades comparant els resultats obtinguts per a J amb la posició relativa a la línia de regressió de J i la mitjana geomètrica. Donat que l'ordre de magnitud s'havia invertit, s'ha aplicat una correcció (multiplicant els valors obtinguts de J per -1) per facilitar-ne la interpretació. Per tal de visualitzar millor la distribució de J, es representen ambdós eixos en un gràfic de dispersió. La representació de les dades posa de manifest un valor desproporcionadament elevat per a l'individu 84486, que ja s'havia determinat com un possible individu anòmal prèviament.

Per tal de valorar els efectes d'aquest espècimen sobre la correcció de la mida realitzada a partir de l'ACP, es repeteix l'anàlisi excloent l'individu 84486. L'extracció d'aquest espècimen fa augmentar el percentatge de variança respecte a la mida fins al 99,875. Tal com s'ha fet per al cas anterior, després de comprovar si l'aplicació de l'ACP havia afectat l'ordre de les magnituds, s'ha procedit a corregir-ho de la mateixa manera per tal de facilitar-ne la interpretació. La distribució de J s'equilibra entre mascles i femelles, a la vegada que els mascles prenen el valor màxim i el valor mínim obtinguts per a J (min=-0.015 max=0.012). Els valors de J obtinguts per a les tíbies de les cabres salvatges analitzades, indiquen que, un cop eliminats els efectes de la mida, no es poden apreciar gaires diferències entre mascles i femelles, si bé tant la mitjana com la variabilitat que presenten els mascles (m=0.00053 CV=0.000109) és més elevada que la de les femelles(m=-0.00064 CV=0.000107).

Un cop caracteritzats els paràmetres per cada element ossi, s'ha procedit a l'anàlisi comparativa dels resultats obtinguts per l'húmer i la tíbia. A les taula 3 es resumeixen els valors obtinguts a partir del càlcul de la quantitat relativa de massa cortical i de l'índex de circularitat en relació als moments d'inèrcia en l'eix anteroposterior i l'eix mediolateral.

A nivell general, la quantitat relativa de massa cortical dels dos ossos en els punts seccionats és similar. Les diferències principals s'aprecien en la importància relativa del moment anteroposterior en el cas de les tíbies, amb una mitjana més elevada. Si observem les dades agrupades per sexes (Taula 3) la quantitat relativa de massa cortical entre les tíbies i húmer de les femelles presenten lleugeres diferències, mentre que en el cas dels mascles els valors són



	HÚMER				TÍBIA			
	Ct.Ar/Tt.Ar		Circularitat		Ct.Ar/Tt.Ar		Circularitat	
	F	M	F	M	F	M	F	M
<i>N</i>	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Min</i>	0.393	0.507	1.16	1.213	0.362	0.469	1.183	1.35
<i>Max</i>	0.691	0.633	1.362	1.463	0.678	0.614	1.639	1.688
<i>Sum</i>	3.224	3.392	7.523	7.705	3.375	3.332	8.465	9.031
<i>Mean</i>	0.537	0.565	1.254	1.284	0.562	0.555	1.411	1.505
<i>Std. error</i>	0.043	0.022	0.031	0.037	0.049	0.024	0.071	0.053
<i>Variance</i>	0.011	0.003	0.006	0.008	0.015	0.003	0.03	0.017

**Table 3** *Capra aegagrus* de referència. Tíbia i Húmer. Taula resum de la variabilitat de la quantitat relativa de massa cortical (Ct.Ar/Tt.Ar) i de la distribució de massa cortical mitjançant el coeficient de circularitat.

molt similars. D'altra banda, mentre la quantitat relativa de massa cortical en el cas dels húmeres és lleugerament més elevada en els mascles, per a les tíbies són les femelles qui tenen una mitjana més elevada, si bé la diferència no es significativa.

Pel que fa a la relació entre els moments

anteroposterior i mediolateral, ambdós grups s'alineen amb la tendència general, amb major preponderància de la resistència en l'eix anteroposterior en tots dos ossos. Els valors obtinguts per a l'índex de circularitat són en general més elevats en el cas dels mascles i, així mateix, l'increment en la proporció d'Iap sobre Iml entre húmeres (amb una mitjana més baixa) i tíbies (amb una mitjana més alta) és també més gran en el cas dels mascles.

Els resultats obtinguts indiquen que les femelles de cabra salvatge, tant en el cas dels húmeres com de les tíbies, la seva superfície cortical presenta molta més variabilitat que la dels mascles, que conformen una població més homogènia pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical que tenen. Aquesta variabilitat no sembla tenir cap relació ni amb l'edat de l'individu ni amb que la regió d'on provenen sigui més o menys muntanyosa, si bé aquesta última opció està basada en el punt de recollida de la carcassa de l'animal, assumint la seva distribució en l'àrea geogràfica propera. És possible, doncs, que altres factors tinguin un paper més important, sobretot en el cas de les femelles, a l'hora d'acabar de configurar la massa cortical de l'animal. En aquesta línia Liesegang et al. (2005), en el seu estudi sobre poblacions d'ovelles i de cabres documenten una reducció del contingut mineral dels ossos i de la densitat mineral a partir del quart mes d'embaràs que persisteix fins a la primera setmana postpart i, després, es recupera la densitat durant els mesos de lactància. Es planteja l'augment de l'activitat remodeladora de l'os com un possible mecanisme fisiològic per recuperar l'esquelet perdut de la mare a causa de les pèrdues de calci durant la gestació i la lactància. Donat aquest fet, es previsible una variabilitat consistent, en les ovelles i cabres femelles. Per contra, és destacable que, per contra, pel que fa a les mesures lineals són els mascles els que presenten una major variabilitat (Húmeres, CV(f)=0.94 i CV(m)=7.28; Tíbies, CV(f)=1.31 CV(m)=7.49)

En ambdós casos la distribució de la massa cortical és favorable al moment anteroposterior. Pel que fa a diferències entre mascles i femelles, en el cas dels húmeres, totes dues poblacions presenten valors similars mentre que les tíbies mostren, en general, una distribució més variable.

Les diferències funcionals d'ambdós ossos poden estar relacionades amb les diferències apreciades entre un i altre. En aquest sentit, cal tenir en compte que estan reflectint els efectes de les forces transmeses en l'esquelet anterior i l'esquelet posterior. A més la seva disposició en l'esquelet, fa preveure que el moviment de l'animal afectarà de forma diferent a la

morfologia de l'os. Mentre l'húmer té una funció més propra a la d'una palanca (Galtes, 2008) intervenint de forma més directa en la propulsió, la tíbia és un element més estàtic i vertical, de manera que rebrà un major impacte dels esforços verticals.

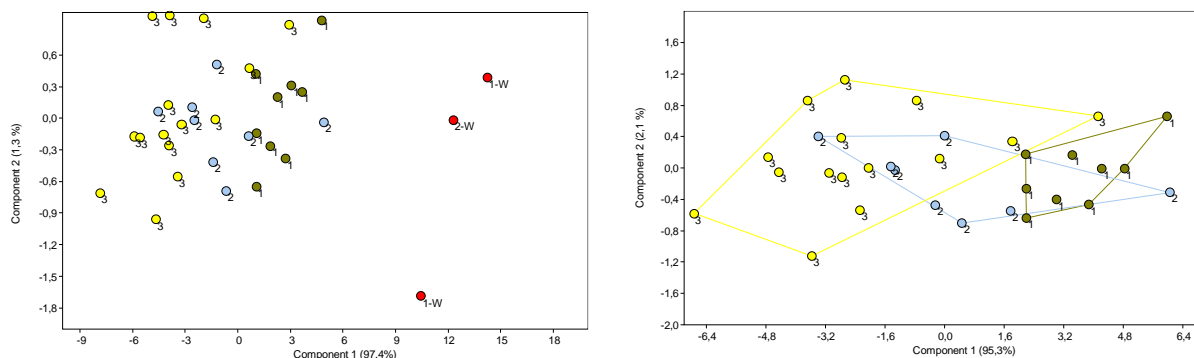
Si bé ja s'ha especificat per a l'àrea de la cortical, l'edat dels individus, en la mesura en la que tots els ossos analitzats pertanyen a adults amb les epífisis fusionades no és un factor que sembli afectar la distribució dels valors.

Així, hem de destacar que tant per als húmeres com les tíbies la quantitat relativa de massa cortical és mantnïe netre mascles i femelles, si bé en el cas de les tíbies, les femelles present una major variabilitat. Al mateix temps, l'index de circularitat, que podria reflectir hàbits particulars a l'hora de distribuir les càrregues en els ossos indica un predomini del moment anteroposterior en ambdues part esquelètiques, sense diferències significatives entre mascles i femelles, malgrat que en els mascles presenten una major rellevància del moment anteroposterior. En aquest sentit, les banyes més grans dels bocs així com els enfrontaments entre mascles, podrien ser una raó a favor d'aquestes diferència.

### 5.2.2. Trets biomecànics de la població de cabres

Tal com s'ha exposat a l'apartat de materials, s'han analitzat en primer lloc un total de 35 húmeres de cabra: 9 mostres corresponen al primer període (fases 1-9), 10 mostres corresponen al segon període (fases 10-21) i, finalment, 15 mostres corresponen al tercer període (fases 22-37). En base a criteris biomètrics, un total de 32 restes corresponen a *Capra hircus* i 3 a *Capra aegagrus* (Figura 23) A la representació gràfica dels resultats obtinguts amb l'anàlisi integrada de les mesures de l'epífisi distal de l'húmer (Bd, BT, segons Von den Driesch 1976; HTc i h segons Helmer 2005) s'observa com els tres exemplars de *Capra aegagrus* es separen completament de la població domèstica.

Amb l'objectiu de caracteritzar la variabilitat que s'observa a la població de cabres domèstiques dels tres períodes analitzats, s'ha realitzat una anàlisi individualitzada de les restes de *Capra hircus* seguint el mateix procediment (Figura 23). Els resultats permeten observar com s'assisteix a una baixada relativa de la talla al llarg del temps, amb una clara diferència entre

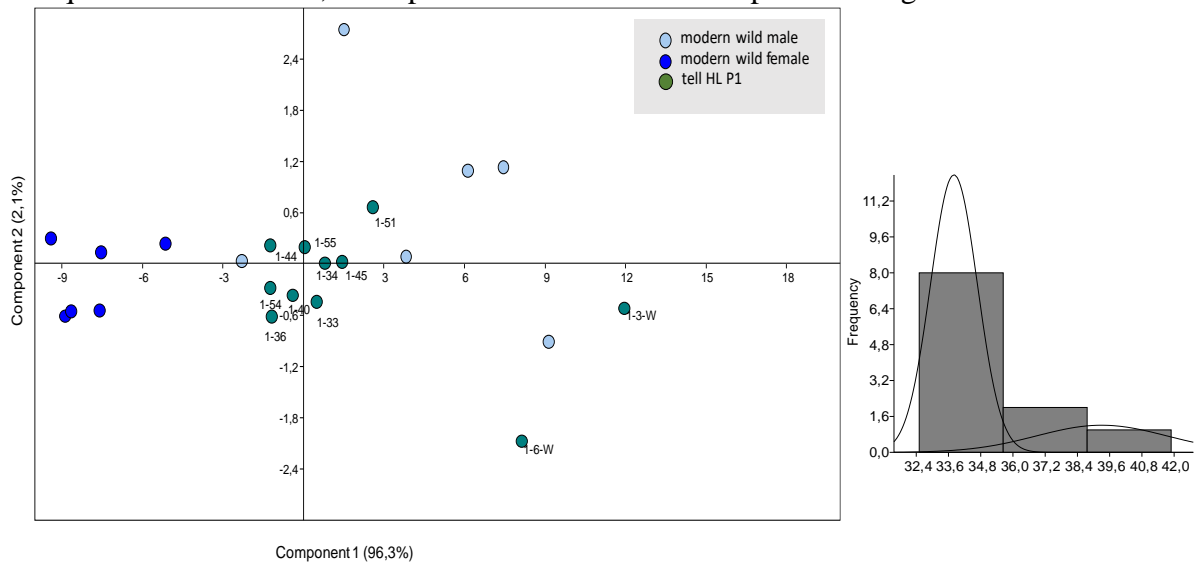


**Figura 23** A l'esquerra, l'anàlisi de component principal de les mesures de l'epífisi de l'húmer separen la població *Capra hircus* i *Capra aegagrus* de tell Halula. A la dreta, l'ACP sobre les mesures de *Capra hircus* mostren les diferències de mida per períodes de la població domèstics de tell Halula.

la mida de les cabres corresponents al període 1 i les corresponents al període 3. Les mostres corresponents al període 2 es distribueixen entre aquestes dues poblacions, presentant un major grau de dispersió.

Es difícil a partir d'un número baix de mesures separar la població per sexes, tot i així s'ha considerat oportú analitzar també de manera integrada mitjançant un ACP amb la població de referència actual, on queda ben representat el dimorfisme sexual i les mostres de cada un dels períodes analitzats (Figures 24). Els resultats s'han contrastat complementàriament a partir del *mixture analyses* utilitzant la mesura Bd, doncs ha estat possible comprovar en la població salvatge que aquesta mesura es la que expressa millor el dimorfisme sexual. En tots els casos els resultats mostren una amplitud molt menor que en la població salvatge, documentant-se un grau d'homogeneïtat elevat que impedeix atribuir alguns exemplars a mascles o femelles. Aquesta mateixa tendència queda ben reflectida a partir del *mixture analyses*.

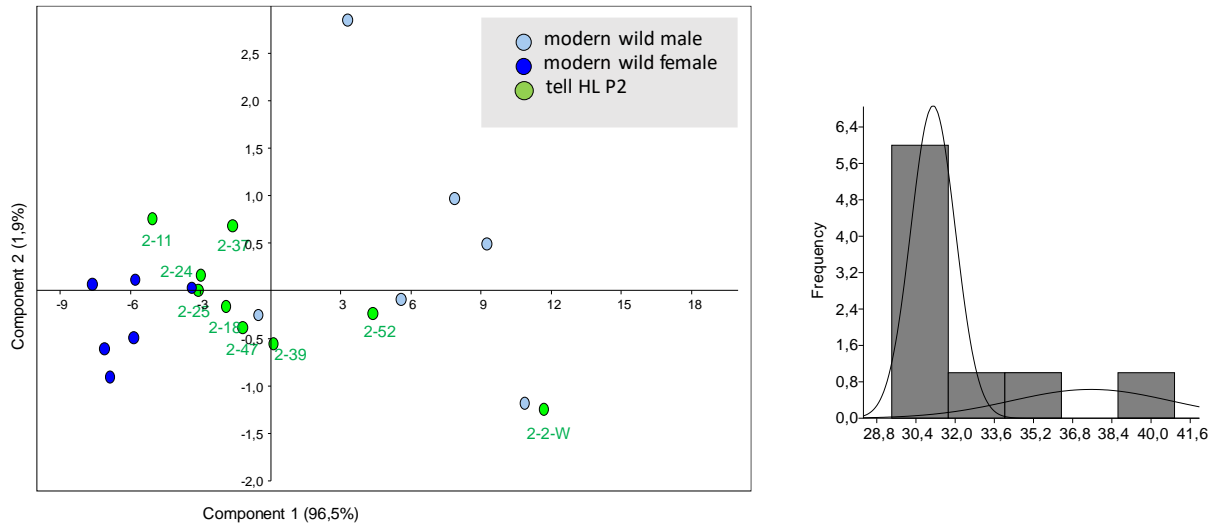
Pel que fa al Període 1, es separen clarament els exemplars salvatges dels domèstics. Els



**Figura 24** A l'esquerra, anàlisi de component principal de les mesures de la diàfisi distal de l'húmer de les cabres del Període 1 amb el referencial salvatge. A la dreta Myxture analysis que indica la presència de ues poblacions

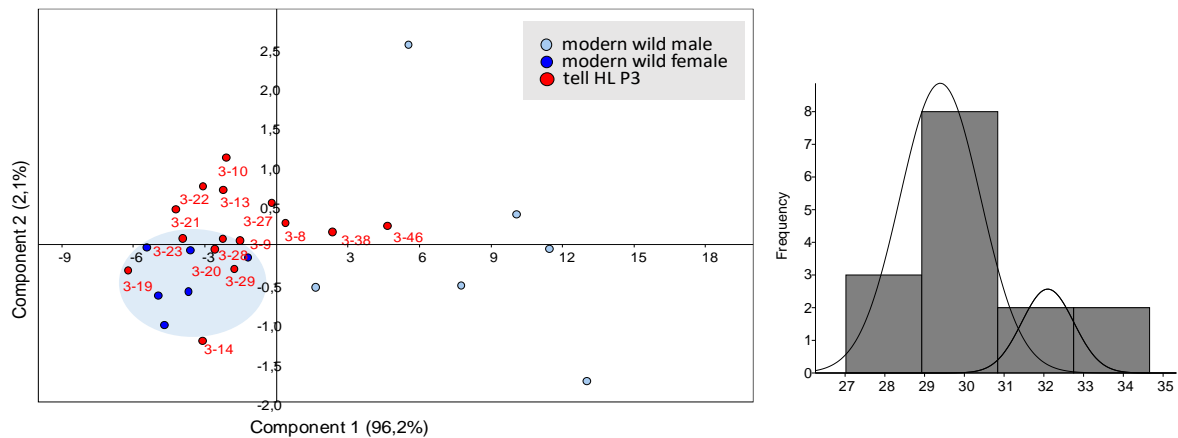
domèstics conformen una única agrupació amb dispersió més elevada amb tendència cap a la població salvatge de la mostra 51 i 45. Les mostres 44, 54 i 36 son les menor talla i podrien correspondre a femelles. Els resultats obtinguts amb el *mixture analyses* separen els exemplars salvatges, mostrant una màxima concentració els valors inferiors.

Pel que respecta al Període 2, la tendència es la mateixa. Es separa clarament l'exemplar salvatge, amb una elevada probabilitat de que les mostres 52 i 39 corresponguin a exemplars mascles.



**Figura 25** A l'esquerra, anàlisi de component principal de les mesures de la diàfisi distal de l'húmer de les cabres del Període 2 amb el referencial salvatge. A la dreta MyxTure analysis que indica la presència de ues poblacions

Finalment, pel Període 3 s'observen alguns individus extrems com les mostres 8, 38 i 46 que

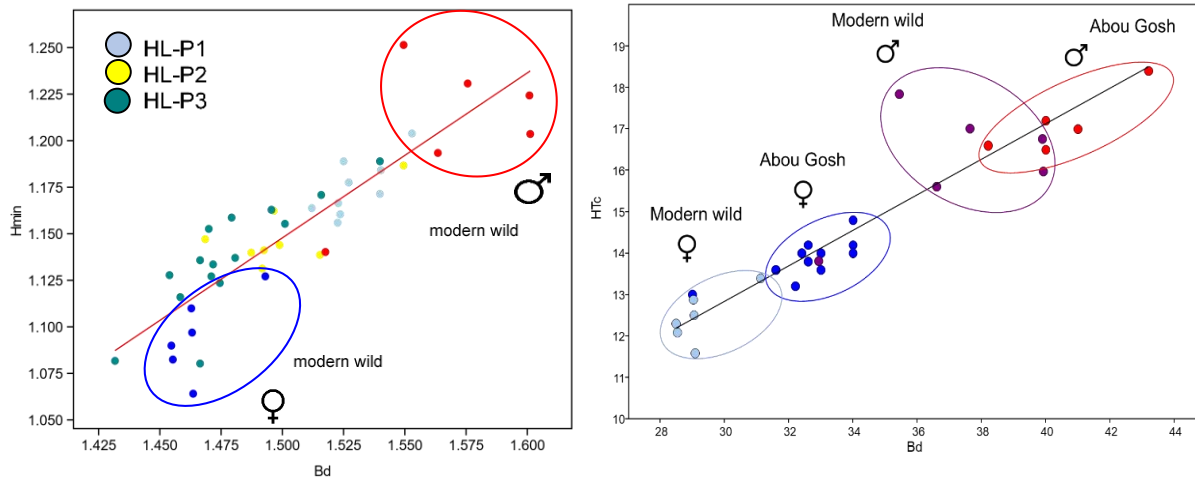


**Figura 26** A l'esquerra, anàlisi de component principal de les mesures de la diàfisi distal de l'húmer de les cabres del Període 3 amb el referencial salvatge. A la dreta MyxTure analysis que indica la presència de ues poblacions

poden correspondre a mascles, i les mostres 14, 19 i 23 a femelles.

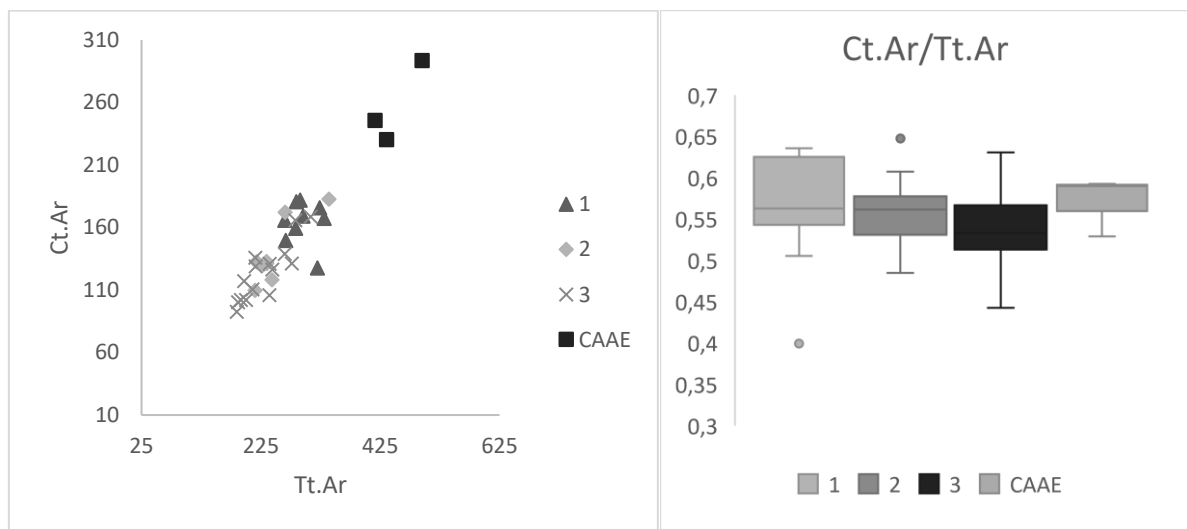
Aquesta homogeneïtat més acusada de les poblacions representades a tell Halula per a cada període pot respondre tant a la característica que s'ha apuntat abans, la disminució del grau de dimorfisme sexual amb la domesticació, com veure's influenciada pels criteris de selecció de la mostra. Tenint en compte que s'han escollit només exemplars d'edat adulta i atenent-nos als modes d'explotació documentats a Halula abans exposats, la població analitzada podria correspondre principalment a femelles, tendència que queda representada tant als resultats obtinguts amb l'ACP com amb el *myxTure analyses*.

Per tal de contrastar si aquesta variabilitat pot ser característica de la població domèstica de tell Halula, s'ha realitzat un diagrama de correlació lineal integrant les mesures de la població de cabres del jaciment d'Abou Gosh separades també per sexes (Figura 27)



**Figura 27** A l'esquerra, dispersió dels valors de l'amplada distal i l'alçada màxima de la tròclea dels húmer de la població de Halula amb la població salvatge de referència. A la dreta, comparació de la població salvatge de referència amb una població salvatge arqueològica.

Si bé en el primer cas observem una distribució contínua per les mesures de tell Halula, la població d'Abou Gosh manté la relació de dimorfisme sexual documentada per la població salvatge de referència. Seria no obstant, de mida relativament menor.

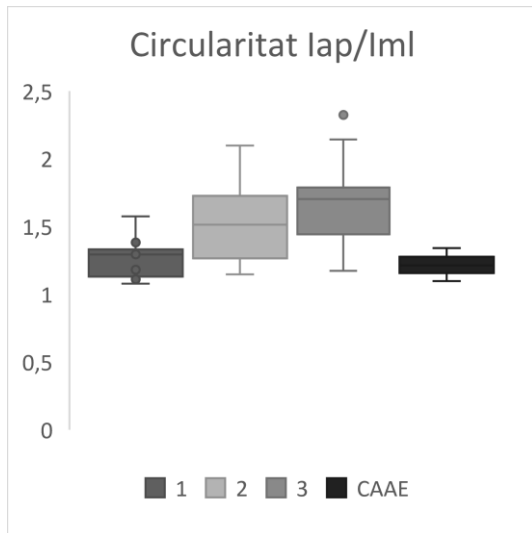


**Figura 28** A l'esquerra, dispersió dels valors de Ct.Ar amb Tt.Ar. A la dreta, gràfic de caixes i bigotis, on es visualitza la variabilitat en la quantitat relativa de massa cortical.

La dispersió dels valors de la Ct.Ar amb Tt.Ar indica (Figura 28) com la dispersió dels valors de la superfície cortical respecte la superfície de la secció segueixen una dinàmica similar a l'obtinguda mitjançant les mesures lineals, amb una clara separació entre les cabres identificades morfològicament com a salvatges i la població domèstica. Cal destacar que s'observa la

possible existencia de dos grups diferenciats en el cas de la població domèstica a partir d'aquestes dades.

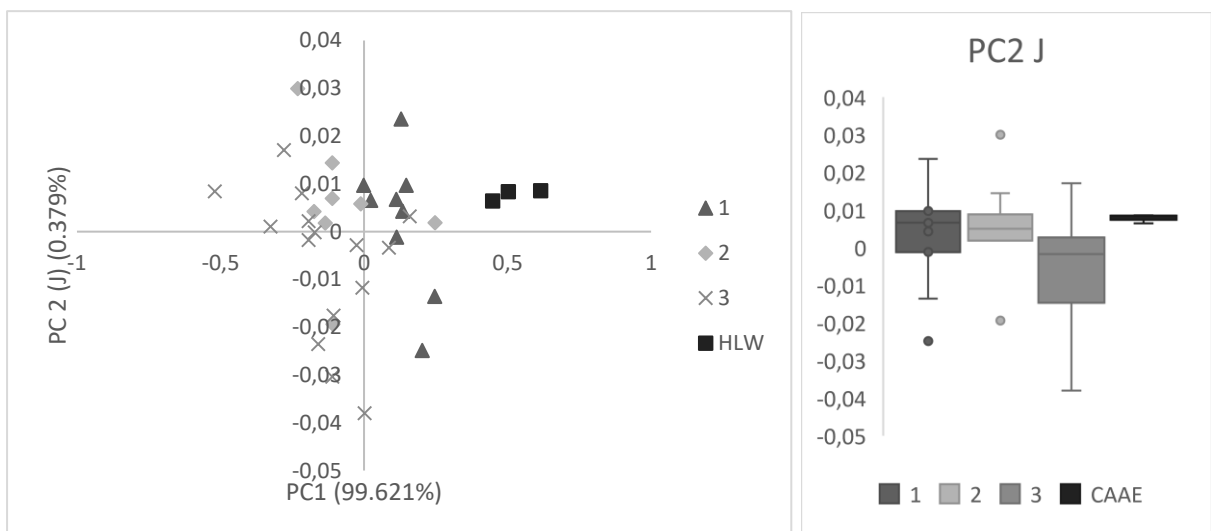
Tal com es pot observar a la Figura 29 a quantitat relativa de massa cortical disminueix al llarg de la seqüència d'ocupació del jaciment, amb un lleuger augment de la variabilitat a l'inici del període 3, si no prenem en consideració els *outliers*. Els espècimens de cabra salvatge del jaciment presenten, en conjunt, una quantitat relativa de massa cortical més ( $M=0.57$ ) elevada que la major part de la població domèstica, si bé hi ha un cert solapament.



**Figura 29** Coeficient de circularitat dels humers de la població de cabres de Halula

La relació entre els moments anteroposterior i mediolateral de l'àrea indica un augment dels individus amb un moment anteroposterior més elevat. Així, malgrat que alguns individus on la relació Iap/Iml es manté en valors similars als obtinguts durant el període 1 persisteixen al llarg de la seqüència, aquest són cada cop menys. S'aprecia una tendència clara cap al desequilibri de forces en detriment del moment mediolateral. Cal afegir que l'índex de circularitat obtingut per a CAAE coincideix amb el que es documenta durant el període 1.

Seguint el mateix procediment que l'alicat a les cabres salvatges, sha eliminat l'efecte de la mida sobre J utilitzant el segon eix de l'ACP (0.37948% de la variança) entre els valors logarítmics de J i la mitjana geomètrica de les quatre mesures de l'epífisi distal de l'húmer (Figura 30). El primer eix, que explica el 99,621% de la variança, s'utilitza per facilitar la visualització de les dades de J. Malgrat les diferències de talla ja documentades, la resistència a la torsió presenta valors similars tant durant el P1, el P2 i per a



**Figura 30** A l'esquerra, moment polar de l'àrea (J) expressat en relació a la mida dels individus. A la dreta, el gràfic de ciaxes i bigotis mostra la variabilitat de la resistència a la torsió (J)

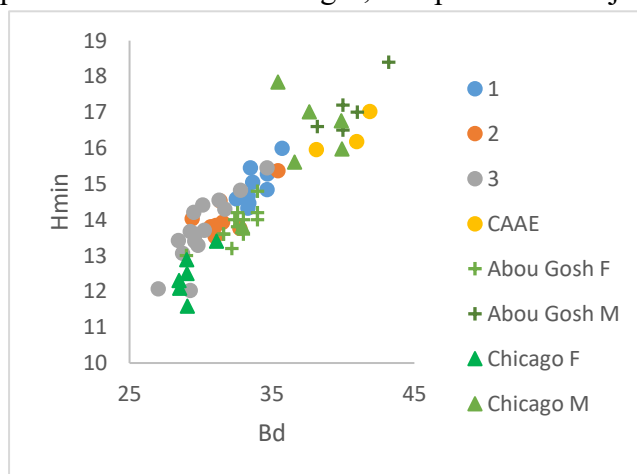
les cabres salvatges. Durant el període 3, en canvi, disminueix la mitjana dels valors de J i n'augmenta la variabilitat (Figura 30)

Prèviament havíem pogut identificar alguns possibles exemplars de mascle i femella segons el període. El resum de les dades per a aquests dos grups es pot llegir a la taula XXX. Els resultats mostren com en totes dues espècies s'aprecia una progressiva reducció de l'aquantitat relativa de massa cortical, si bé podem apreciar que, en general, les femelles són menys robustes que els mascles. Pel que fa a la distribució de la massa cortical es pot apreciar com durant P1 ( $m=1.31$ ) i P2 ( $m=1.41$ ), en les femelles té major rellevància el moment anteroposterior que en els mascles ( $m=1.09$  i  $m=1.25$ ). Si bé la diferència entre ambdós sembla seguir una tendència a la reducció que desemboca en el període 3 on les mitjanes s'equilibren a 1.69 per a les femelles i 1.68 per als mascles. Aquestes dades reflecteixen que ambdós grups experimenten una progressiva reducció de l'estrès a compressió, possiblement degut a la reducció de la mobilitat. Addicionalment, els valors de la circularitat apunten cap a una progressiva constricció dels moviments de mascles i femelles, evidenciat per l'augment en la importància del moment anteroposterior. Aquest augment seria, a més, més fort per als mascles.

	Femelles			Mascles			Femelles			Mascles			N
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
N	3	1	3	2	2	3	3	1	3	2	2	3	N
Min	0.51	0.57	0.44	0.56	0.54	0.55	1.29	1.41	1.17	1.08	1.22	1.31	Min
Max	0.63	0.57	0.60	0.64	0.65	0.59	1.33	1.41	2.14	1.11	1.28	2.32	Max
Sum	1.69	0.57	1.57	1.20	1.19	1.68	3.93	1.41	5.06	2.19	2.50	5.03	Sum
Mean	0.56	0.57	0.52	0.60	0.59	0.56	1.31	1.41	1.69	1.09	1.25	1.68	Mean
Std. error	0.03	0.00	0.04	0.04	0.05	0.01	0.01	0.00	0.28	0.02	0.03	0.32	Std. error
Variance	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.32	Variance

**Taula 2** Quadre resum de les propietats mecàniques de l'húmer de cabra per períodes

A continuació, s'han integrat a la representació gràfica els referencials per tal d'observar si hi han diferències apreciables de les cabres domèstiques respecte el comportament natural de l'espècie i si les cabres salvatges documentades a Halula presenten un comportament similar al referencial. En aquest sentit, comencem per observar com se situen en relació a una altra població de cabres salvatges, la representada al jaciment d'Abou Gosh (Figura 31)

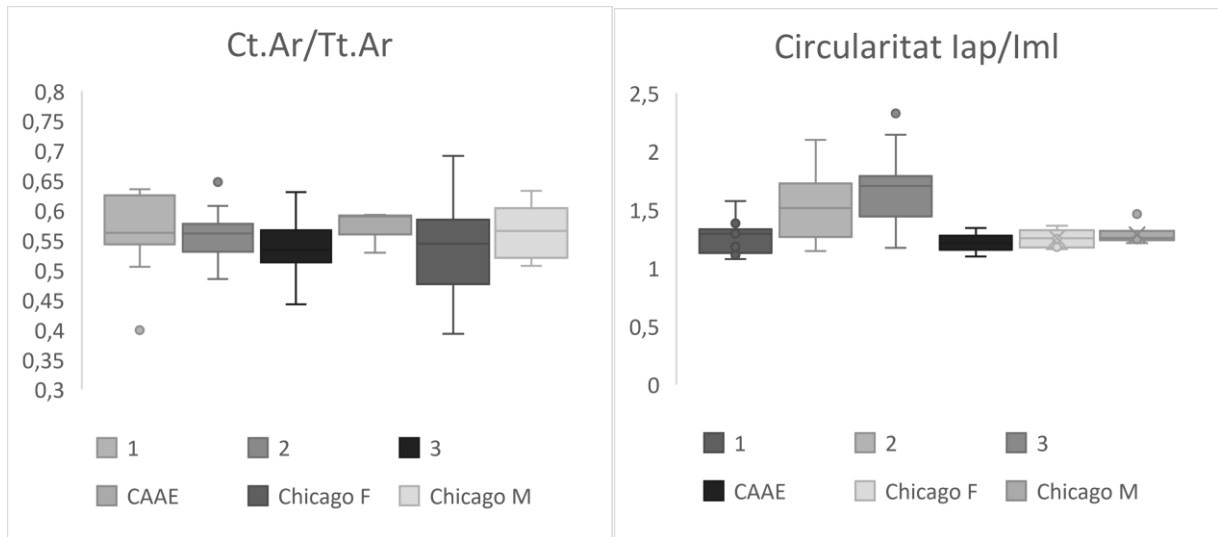


La inclusió dels húmers de la mostra de referència de cabra salvatge actual del sudoest asiàtic permet caracteritzar-los en relació a tall Halula i al referencial d'Abou Gosh. Així, podem observar que tant els mascles com les femelles moderns són de

**Figura 31** Dispersió de les mesures de l'húmer en relació a la població salvatge de referència i una població de cabres salvatges arqueològiques d'Abou Gosh

menor talla que els arqueològics, en especial per al cas de les femelles, que s'alineen amb els individus de menor talla de tell Halula.

La quantitat relativa de massa cortical permet establir una certa relació entre els mascles salvatges moderns i les cabres corresponents al P1 i les identificades morfològicament com a salvatges a partir de la seva mitjana similar. D'altra banda, la mitjana de les femelles salvatges modernes és més similar a la que presenten els exemplars corresponents al P3, si bé el seu rang de variabilitat engloba tot el rang de valors de tell Halula (Figura 32).



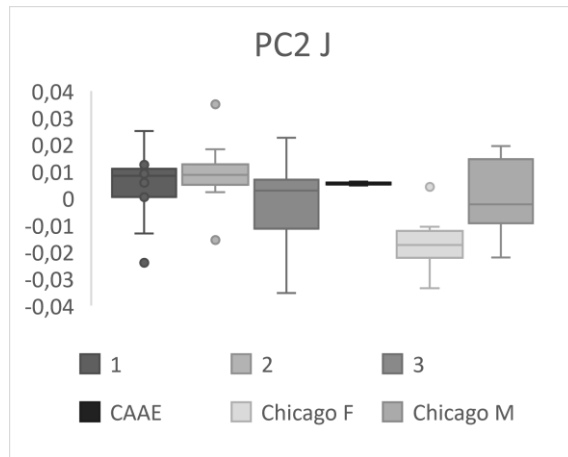
**Figura 32** Gràfics de caixes i bigotis on s'expressa la variabilitat al llarg de la seqüència i en relació a la població de referència pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical (esquerra) i circularitat (dreta)

La incorporació dels valors de l'índex de circularitat de la població salvatge moderna dona un marc de referència clar per interpretar la distribució de la massa cortical en la secció de l'os. (Figura 32). Així, la població morfològicament salvatge de tell Halula s'alineja amb els valors obtinguts per al referencial salvatge. Per als individus domèstics la mitjana de l'índex de circularitat per a cada període és superior als grups salvatges que de fet, ocupen la part inferior de tots els rangs de variabilitat. Tal com ja s'havia evidenciat, la diferència entre el moment anteroposterior i el moment mediolateral augmenta del període P1 al P2 i del P2 al P3.

L'eliminació de l'efecte de la mida sobre J mitjançant l'ACP de la mitjana geomètrica de les mesures de l'epífisi distal dels húmer de tell Halula i del referencial modern de cabra salvatge (figura 33) permet posar en relació els valors dels referencials moderns de cabra amb la població domèstica de tell Halula.

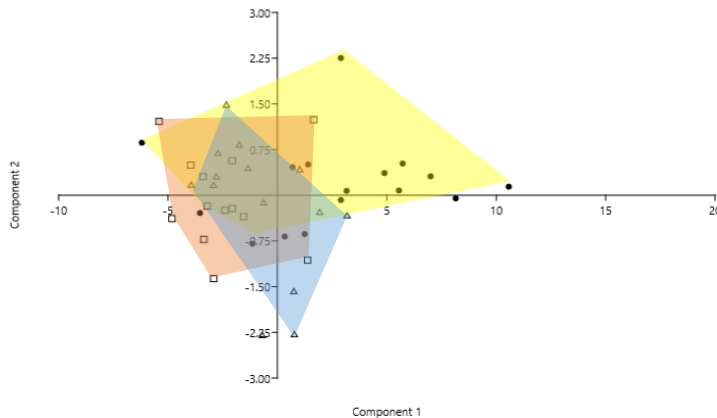
El rang de variabilitat dels mascles salvatges ocupa els valors més alts, mentre que les femelles representen els valors més baixos. Pel que fa a la tibia, i tal com s'ha exposat a l'apartat de materials, s'han analitzat en primer lloc un total de 43 tíbies de cabra: 16 mostres corresponen al primer període (fases 1-9), 14 mostres corresponen al segon període (fases 10-21) i, finalment, 13 mostres corresponen al tercer període (fases 22-37). En base a criteris biomètrics, totes els restes corresponen a *Capra hircus* (Figura 33)





**Figura 33** Moment polar de l'àrea dels húmer de cabra de tell Halula amb la població salvatge de referència

integrada mitjançant un ACP amb la població de referència actual, on queda ben representat el dimorfisme sexual i les mostres de cada un dels períodes analitzats (Figures 35, 36 i 37). Els resultats s'han contrastat complementàriament a partir del *mixture analyses* utilitzant la mesura Dd, doncs ha estat possible comprovar en la població salvatge que aquesta mesura es la que expressa millor el dimorfisme sexual. En tots els casos els resultats mostren una amplitud molt



**Figura 34** Anàlisi de component principal de les mesures de la diàfisi distal de les tíbies de cabra de tell Halula. En groc, P1, blau P2 i vermell P3

femelles.

Per al Període 2, la tendència es manté, si bé la població domèstica presenta valors més centrals allunyats de la població salvatge. L'exemplar 113 podríem considerar-lo com una femella, mentre que els espècimens 94, 86, 88, entre altres, els podem considerar com mascles.

Per al període 3, els valors de la cabra domèstica es mantenen en el punt central de la distribució, amb una major tendència cap a les femelles salvatges i alguns individus dintre del rang dels mascles salvatges. En aquest sentit, els exemplars 96 i 114 serien possiblement femelles, mentre que l'exemplar 85 el podríem considerar com mascle.

Amb l'objectiu de caracteritzar la variabilitat que s'observa a la població de cabres domèstiques dels tres períodes analitzats, s'ha realitzat un ACP de les mesures de la tíbia distal (Bd i Dd) de les restes de *Capra hircus* (Figura 34). Els resultats permeten observar com s'assisteix a una reducció en la variabilitat observada del Període 1 als altres, paralelament a una baixada progressiva de la talla a partir de la no representació a les fases d'ocupació més recents dels exemplars de major mida.

Es difícil a partir d'un número baix de mesures separar la població per sexes, tot i així s'ha considerat oportú analitzar també de manera

integrada mitjançant un ACP amb la població de referència actual, on queda ben representat el dimorfisme sexual i les mostres de cada un dels períodes analitzats (Figures 35, 36 i 37). Els resultats s'han contrastat complementàriament a partir del *mixture analyses* utilitzant la mesura Dd, doncs ha estat possible comprovar en la població salvatge que aquesta mesura es la que expressa millor el dimorfisme sexual. En tots els casos els resultats mostren una amplitud molt menor que en la població salvatge, documentant-se un grau d'homogeneïtat elevat que impedeix atribuir alguns exemplars a mascles o femelles. Aquesta mateixa tendència queda ben reflectida a partir del *mixture analyses*.

Pel que fa al Període 1, els exemplars es correlacionen amb la població salvatge de mascles, amb algun exemplar, com són les mostres 100 i 102 que podrien correspondre probablement a

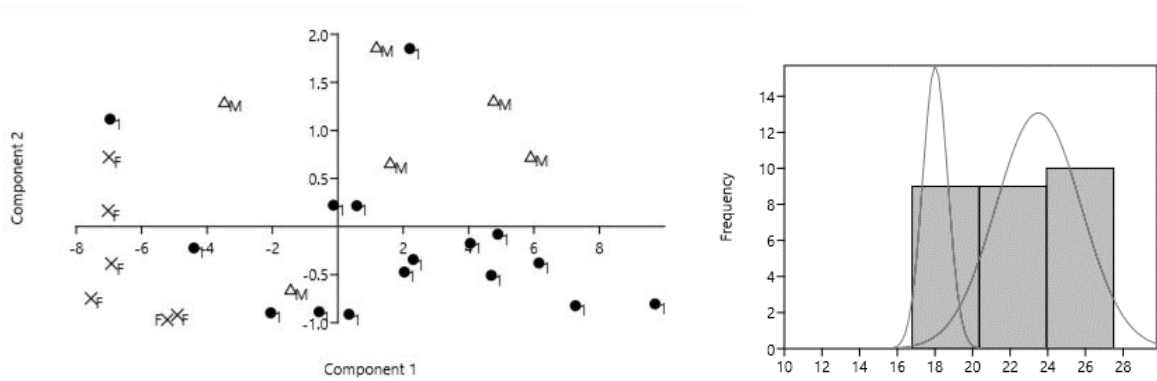


Figura 36 Anàlisi de component principal de les mesures de l'epífisi distal de les tíbies de cabra del P1 en relació a la població slavtge de referència. El myxture analysis, a la dreta, en base a Bd, permet confirmar la presència de dues poblacions en base a la mida

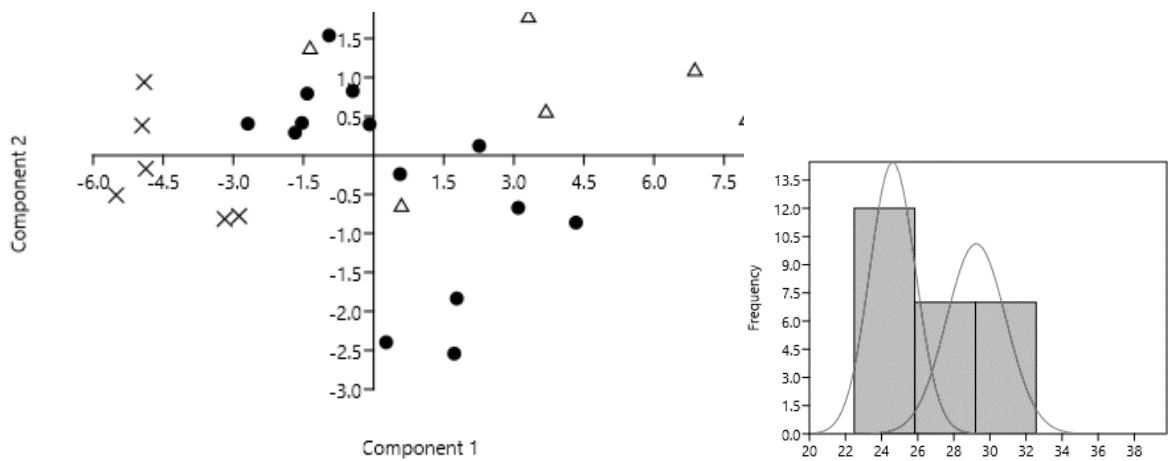


Figura 37 Anàlisi de component principal de les mesures de l'epífisi distal de les tíbies de cabra del P2 en relació a la població slavtge de referència. El myxture analysis, a la dreta, en base a Bd, permet confirmar la presència de dues poblacions en base a la mida

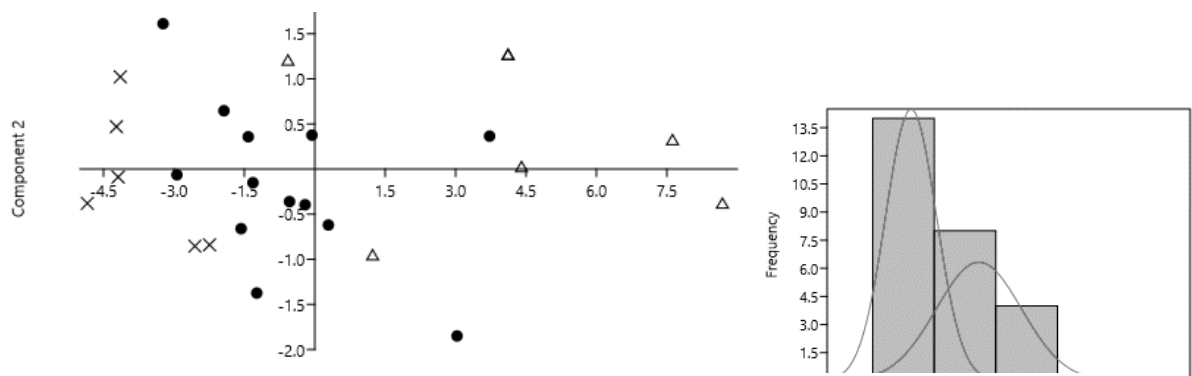
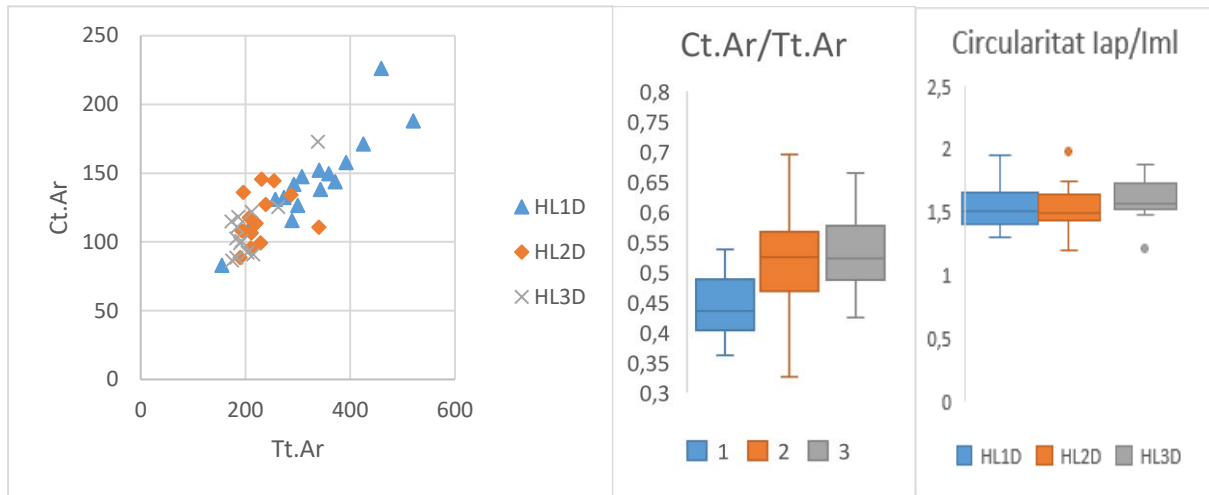


Figura 35 Anàlisi de component principal de les mesures de l'epífisi distal de les tíbies de cabra del P3 en relació a la població slavtge de referència. El myxture analysis, a la dreta, en base a Bd, permet confirmar la presència de dues poblacions en base a la mida

D'entre les restes de cabra seleccionades, totes s'han pogut identificar morfològicament com a domèstiques. Les mesures preses sobre l'epífisi distal de la tibia evidencien la progressiva reducció de la mida al llarg de la seqüència d'ocupació de tell Halula, si bé de forma menys acentuada que els húmer (Figura 38).

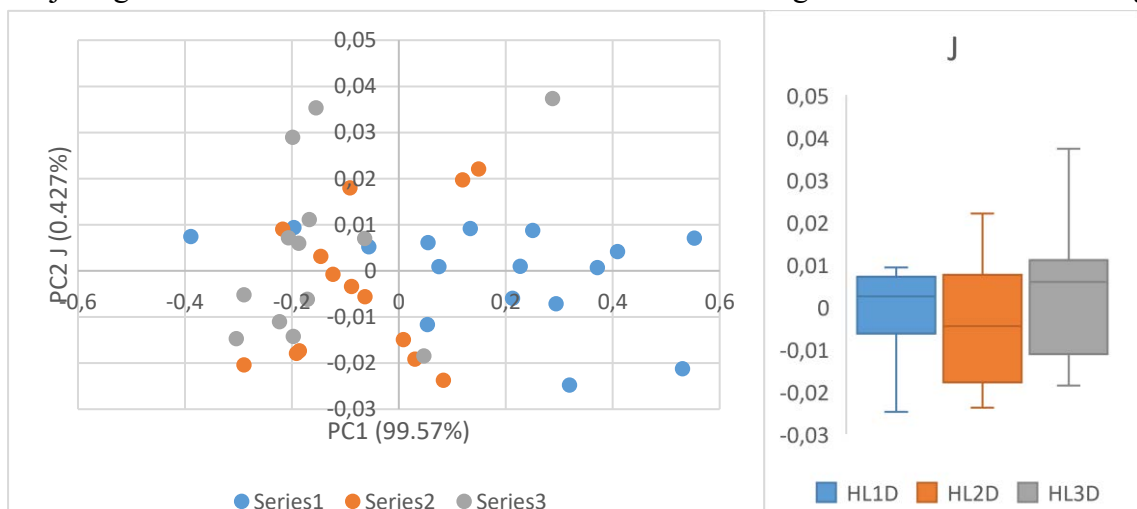


**Figura 38** A l'esquerra, dispersió dels valors de Ct.Ar i Tt.Ar. Al centre, variabilitat de la quantitat relativa de massa cortical. A la dreta variabilitat en la distribució de la massa en la secció

La correlació de la superfície de la massa cortical amb l'àrea de la secció (Figura 38) posa de manifest aquesta mateixa reducció de la mida al llarg de la seqüència. D'altra banda, tant la mitjana de la quantitat relativa de massa cortical com la variabilitat augmenta del període 1 al 2. Del període 2 al 3 la mitjana es manté, però la variabilitat es redueix.

L'índex de circularitat obtingut per als tres períodes analitzats presenta valors molt similars i només durant el període 3 l'índex augmenta ( $m=1.5$  a  $m=1.6$ ) (Figura 38). La distribució de forces és favorable al moment anteroposterior, possiblement a causa de l' morfologia de l'os.

S'ha eliminat l'efecte de la mida sobre els valors de J a partir de l'ACP de J i la mitjana geomètrica de les mesures de l'epífisi distal de la tibia. A partir de la regressió lineal de J i la mitjana geomètrica s'ha detectat la inversió de l'ordre de magnituds en els valors obtinguts al



**Figura 39** Distribució dels valors de J en relació a la mida dels espècimens, a l'esquerra. A la dreta, variabilitat de la resistència a la torsió de la tibia.

segon eix de l'ACP. S'ha corregit multiplicant les dades per -1. El rang de variabilitat dels valors de J augmenta al llarg de la seqüència d'ocupació del jaciment. Malgrat que els valors màxims són progressivament més alts, la mitjana es baixa durant el període 2 i augmenta al període 3 (Figura 39)

Al comparar aquests valors amb els obtinguts per les tíbies de la població de referència de cabres salvatges s'observa que les dues poblacions presenten una mida similar, amb les femelles solapant-se amb les cabres de mida més petita del jaciment i els mascles amb les de mida més gran (Taula3)

	Ct.Ar/Tt.Ar						Circularitat						
	Femelles			Mascles			Femelles			Mascles			
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
N	2	1	2	3	3	1	2	1	2	3	3	1	N
Min	0.53	0.51	0.45	0.36	0.44	0.48	1.54	1.48	1.54	1.41	1.32	1.21	Min
Max	0.54	0.51	0.53	0.49	0.63	0.48	1.60	1.48	1.57	1.96	1.59	1.21	Max
Sum	1.07	0.51	0.98	1.33	1.64	0.48	3.14	1.48	3.11	4.80	4.45	1.21	Sum
Mean	0.53	0.51	0.49	0.44	0.55	0.48	1.57	1.48	1.56	1.60	1.48	1.21	Mean
Std. error	0.00	0.00	0.04	0.04	0.06	0.00	0.03	0.00	0.01	0.18	0.08	0.00	Std. error
Variance	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.02	0.00	Variance

Taula 3 Resum de les propietats mecàniques de la tibia en relació a mascles i femelles

Si agafem els probables mascles i femelles identificats a partir de l'ACP, es posen de manifest unes dinàmiques diferenciades per a mascles i femelles. En relació a la quantitat relativa de massa cortical, la mitjana dels valors de les femelles tendeix a reduir-se al llarg de la seqüència (0.53, 0.51, 0.49, mentre que en els mascles aniria en augment de P1 a P2 (0.44 a 0.55) i es redueix al valors similars als de les femelles per al P3 (0.48, si bé en tractar-se d'una sola mesura caldria prendre aquest cas amb més precaució). Pel que fa al coeficient de circularitat, les femelles presenten valors molt semblants entre el P1(m=1.57) i el P3 (1.56), mentre que al P2,

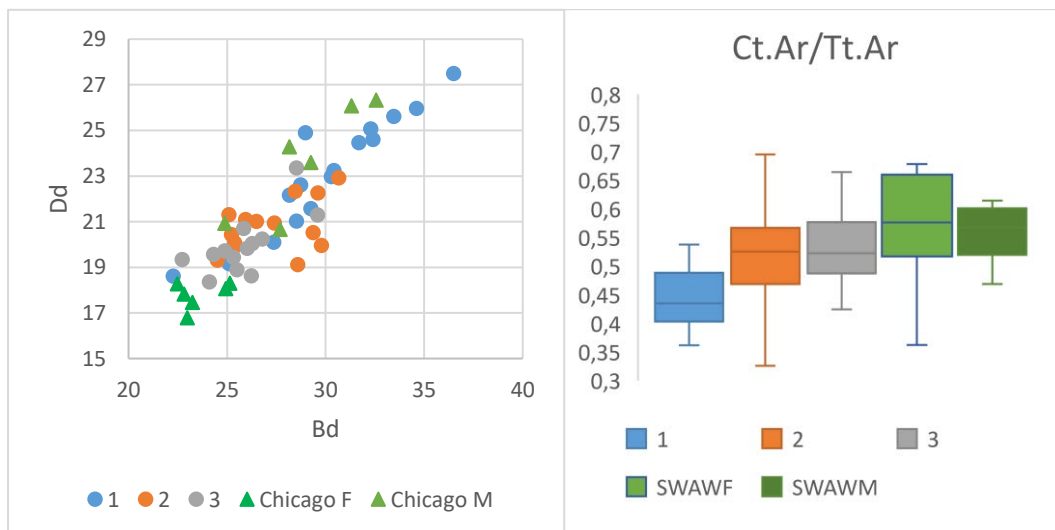


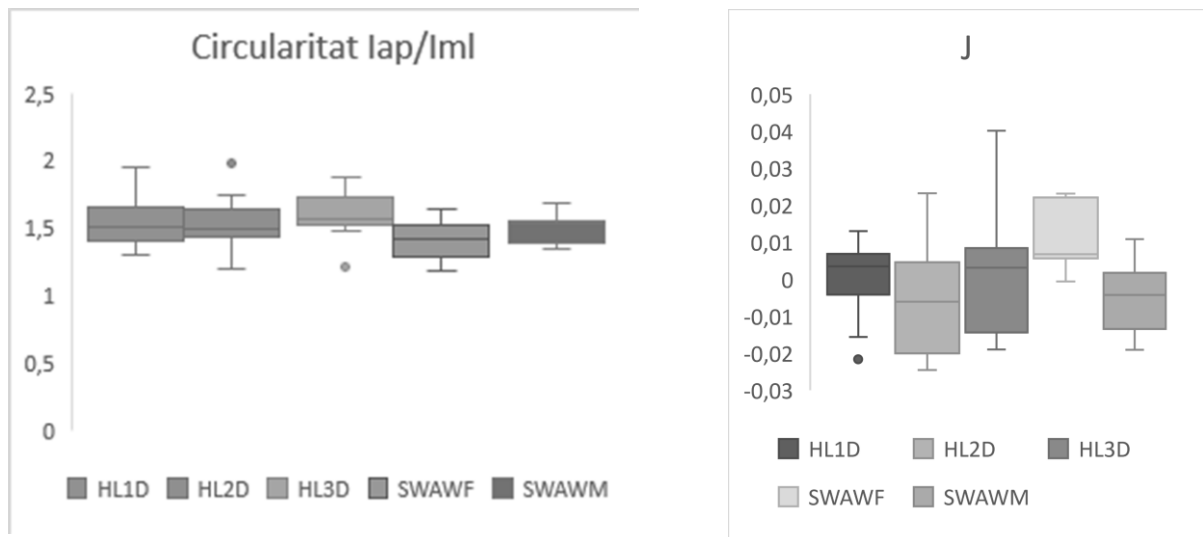
Figura 40 A l'esquerra, dispersió de les mesures de la diàfisi de les tíbies amb la població salvatge de referència. A la dreta, grafic de caixes i bigotis amb la varibilitat de la quantitat relativa de massa cortical en comparació a la població salvatge de referència.

el moment mediolateral té més rellevància ( $m=1.48$ ). Per als mascles, en canvi s'evidencia una reducció marcada de la importància del moment anteroposterior, passant de 1.60 al P1 a 1.21 al P3.

Pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical (Figura 40), les cabres salvatges modernes presenten una mitjana més elevada que les mostres arqueològiques.

La comparació dels índex de circularitat (Figura 41) mostren una major tendència cap a la domini del moment anteroposterior en el cas de les cabres domèstiques de tell Halula.

La distribució dels valors de J un cop eliminats els efectes de la mida permeten observar les diferències entre els mascles i les femelles salvatges modernes (Figura 41). En aquest sentit, els valors més alts podrien correspondre a femelles mentre que els valors més baixos a mascles, si bé la població domèstica no hauria d'estar reproduint necessàriament aquest patró. Tot i això, cal destacar que la variabilitat documentada en els períodes 2 i 3 va més enllà del rang que ocupen els referencials salvatges.



**Figura 41** A l'esquerra, variabilitat en la distribució de la massa cortical de les tíbies de tell Halula en comparació amb la població salvatge de referència. A la dreta, variabilitat en la resistència a la torsió.

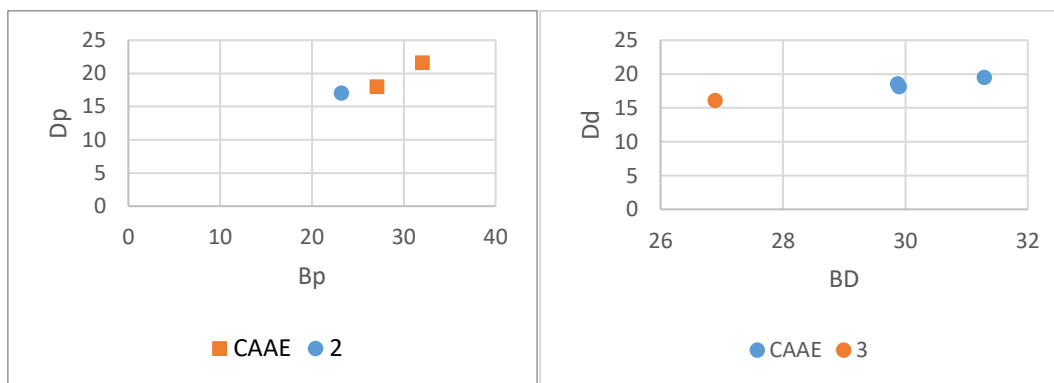
Els resultats de la comparació amb la població salvatge són especialment interessants pel que fa a la distribució de la massa cortical que reflecteix la distribució de les forces a l'hora de caminar. Es pot apreciar com a mesura que avança la seqüència, les cabres domèstiques es distancien progressivament dels valors observats en la població salvatge, afavorint el moment anteroposterior, fet que indica una certa constricció del moviment. La variabilitat observada, en Ct.Ar/Tt.Ar i J del referencial salvatge, sobretot en les femelles, podria indicar que la major variabilitat en el P2 per a Ct.Ar/Tt.Ar i per a P3 en J, seria causa de la composició del ramat, amb més femelles.

### 5.2.2.1. Correspondència dels trets biomecànics entre els diferents elements esquelètics?

La forma i el desenvolupament dels ossos respon a certs caràcters funcionals lligats al suport del sistema muscular i el sosteniment del cos. En aquest sentit l'estrès rebut a les diferents parts de l'os així com les possibles remodelacions realitzades en resposta pot variar en funció no només de la part esquelètica analitzada sinó també de la part de l'os analitzada. Per tal de valorar les diferències que es poden produir en relació al punt de tall seleccionat, s'ha analitzat una mostra de metacarpians i metàpodes de cabra. La mostra seleccionada inclou fragments distals i proximals amb les epífisis completes d'individus adults. Malauradament, l'estat de fragmentació de les restes recuperades impedeix plantejar aquest anàlisi a partir de porcions esquelètiques completes, que permetrien reflectir de forma clara els canvis en un mateix animal. Així mateix, en la mesura en què es disposa de parts esquelètiques de les extremitats anteriors i posteriors (húmer i metacarpia, tibia i metatarsia) s'evaluen les possibles diferències o similituds en relació a la posició i el paper que les parts esquelètiques seleccionades poden desenvolupar en la locomoció de l'animal.

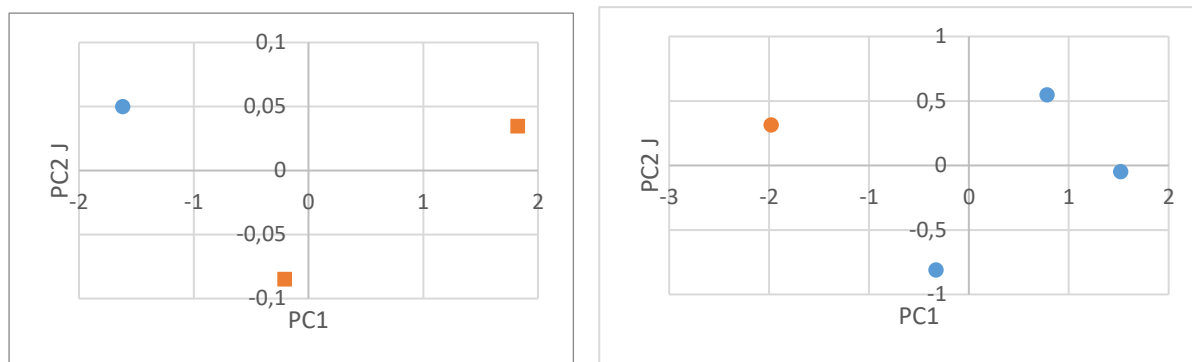
En el cas dels metacarpians i els metatarsians, el nombre de restes disponibles fa difícil valorar l'evolució de les dinàmiques de desenvolupament de l'os al llarg de la seqüència d'ocupació de tell Halula i, per tant s'ha centrat el focus d'interès en caracteritzar les propietats mecàniques d'aquestes elements esquelètics, tant en individus domèstics com salvatges.

Pel que fa als metacarpians de *Capra*, s'ha pogut analitzar una mostra de 7 restes corresponents a un 1 fragment distal i un fragment proximal de *Capra hircus* i 2 fragments proximals i 3 fragments distals de *Capra agagrus*.



**Figura 42** Dispersió de les mesures de les epífisis distal (esquerra) i proximal (a la dreta)

S'ha realitzat en primer lloc la comparació entre els valors obtinguts per la part proximal i la part distal. La caracterització biomètrica de les restes evidencia les diferències clares de mida entre els fragments identificats morfològicament com a salvatges i els identificats com a domèstics (Figura 42). La principal diferència a nivell biomètric entre els exemplars salvatges i el domèstic la podem apreciar en l'amplada de l'epífisi distal, si bé el fet que la cabra domèstica pertanyi a les últimes fases d'ocupació del jaciment podria ser la raó de fons d'aquesta separació tant clara



**Figura 43 Resistència a la torsió a la part proximal (esquerra) i distal dreta)**

La dispersió dels valors de l'àrea total de la secció i l'àrea de la massa cortical (Taula 4) evidencien una separació similar, si bé pel que fa al tall distal, la separació és menys clara que partir de les mesures de l'epífisi distal. Destaca que en el tall distal, l'àrea de la massa cortical d'un dels exemplars salvatges és menor que la de l'exemplar domèstic, malgrat que l'àrea total de la secció del salvatge és més gran.

Pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical, (Taula 4) en el tall proximal la cabra domèstica analitzada presenta un valor similar al de la cabra salvatge amb una quantitat relativa de massa cortical més baixa, mentre que l'altre exemplar de *Capra aegagrus* té una quantitat

	Ct.Ar/Tt.Ar							
	Metacarpia				Metatarsià			
	distal		proximal		distal		proximal	
	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.
N	1	3	1	2	6	1	10	2
Min	0.65	0.47	0.66	0.66	0.55	0.59	0.60	0.68
Max	0.65	0.59	0.66	0.71	0.65	0.59	0.70	0.70
Sum	0.65	1.60	0.66	1.37	3.64	0.59	6.51	1.38
Mean	0.65	0.53	0.66	0.68	0.61	0.59	0.65	0.69
Std. error	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
Variance	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

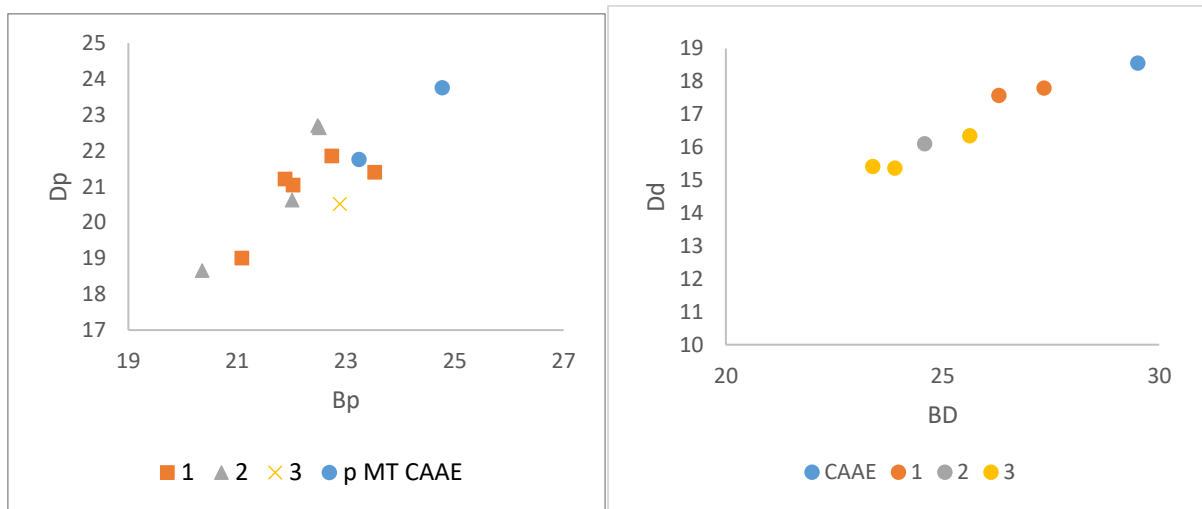
	Iap/Iml							
	Metacarpia				Metatarsià			
	distal		proximal		distal		proximal	
	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.
N	1	3	1	2	6	1	10	2
Min	3.09	3.12	1.84	3.29	1.96	2.34	0.74	1.00
Max	3.09	4.26	1.84	3.58	3.34	2.34	1.34	1.11
Sum	3.09	10.68	1.84	6.87	14.57	2.34	9.44	2.11
Mean	3.09	3.56	1.84	3.43	2.43	2.34	0.94	1.05
Std error	0.00	0.36	0.00	0.15	0.20	0.00	0.05	0.06
Variance	0.00	0.38	0.00	0.04	0.23	0.00	0.03	0.01

relativa de massa cortical més elevada. Per contra, en el tall distal, l'exemplar de *Capra hircus* presenta un valor superior al rang definit pels tres exemplars de cabra salvatge. Si bé l'amplitud i composició de la mostra pot estar causant un biaix important en les dades obtingudes a partir d'aquests talls, aquesta inversió dels valors observats podria estar relacionat amb diferències en els hàbits de mobilitat. Val a dir també que, en general, la quantitat relativa de massa cortical és més elevada als talls proximals que als distals.

**Taula 4 A dalt resum de la quantitat relativa de massa cortical de metacarpians i metarsians. A sota, distribució de la massa cortical en metacarpians i metatarsians.**

Pel que fa a la distribució de la massa cortical, el component de forces anteroposteriors és molt més important (gairebé el doble) en les cabres salvatges que en la domèstica en els talls proximals. En canvi, en els talls distals, la cabra domèstica ocupa la part baixa del rang definit per les cabres salvatges. Si bé es tracta de casos puntuals que difícilment defineixen el comportament del grup de cabres de tell Halula, i el fet que es tracti d'individus diferents, la tendència sembla indicar que mentre en els espècimens salvatges la relació entre el moment anteroposterior i el moment mediolateral és similar tant a la part proximal com a la distal, en els domèstics la component anteroposterior en la part proximal de l'os podria ser menys important que en els exemplars salvatges.

Pel que fa a J, s'eliminen els efectes de la mida prenent el segon eix de l'ACP de J i de la mitjana geomètrica de l'amplada i profunditat de les epífisis corresponents al tall (mesures de l'epífisi proximal per al tall proximal i mesures de l'epífisi distal per al tall distal). Es comprova la posició dels valors de J respecte la línia de regressió i es corregeix la inversió dels valors per facilitar-ne l'interpretació tant en els valors obtinguts en els talls proximals com en els distals. El moment polar de l'àrea és més elevat en el tall proximal de les cabres salvatges, mentre que a la part distal el valor obtingut per la cabra domèstica se superposa a la part baixa del rang definit per les cabres salvatges. En general, doncs, semblaria que la tendència senyalaria que els esforços de torsió rebuts per les cabres domèstiques en el metacarpia són proporcionalment menors que els rebuts per les cabres salvatges.



**Figura 44** Dispersió de les mesures de l'epífisi proximal ( a l'esquerra) i distal (a la dreta) del metatarsià de les cabres de tell Halula.

Pel que fa als metatarsians, la mostra està formada per 12 fragments proximals (epífisi completa i fragment de diàfisi), 2 de *Capra aegagrus* i 10 de *Capra hircus*, i 6 fragments distals, 1 de *Capra aegagrus* i 5 de *Capra hircus*. Dels talls transversals realitzats, un tall proximal i un distal corresponen a un mateix individu de cabra salvatge. El relatiu major nombre de restes permet observar en bona mesura la tendència a la reducció de mida de les cabres domèstiques ja detectada prèviament, així com la talla relativament superior dels exemplars salvatges (Figura 44).



La tendència és similar si ens fixem en la superfície de la secció i de la massa cortical. La cabra salvatge és més gran que la domèstica i, dintre dels exemplars domèstics, hi ha una reducció progressiva de la mida. Tot i això, s'observa en els talls distals, que les cabres del període 3 tenent tant la secció com la massa cortical més gran que la del període anterior, fet que a partir de les mesures lineals només es produïa en un dels exemplars.

Els valors obtinguts pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical mostren una progressiva

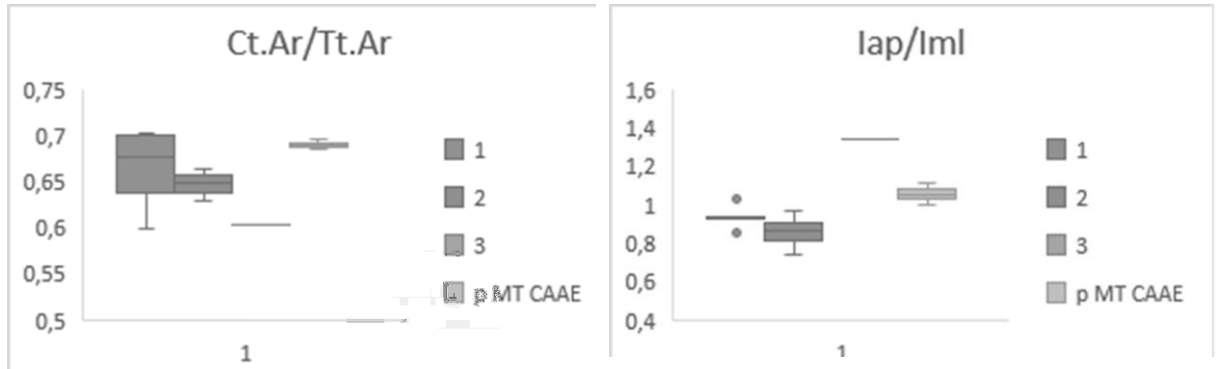


Figura 46 Distribució de la massa cortical a la part proximal del metatarsià(esquerra i a la part distal (dreta)

reducció de la massa cortical al llarg de la seqüència, que es contraposa amb l'índex més elevat dels exemplars salvatges que, malgrat tot, queden dintre del rang de variabilitat del P1. A la secció distal, la quantitat relativa de massa cortical de la cabra salvatge és similar a la proporcionada pels exemplars dels períodes 1 i 2. El període 3, en canvi presenta una aparent major variabilitat que se superposa i engloba als valors de les altres cabres, tant salvatges com domèstiques.

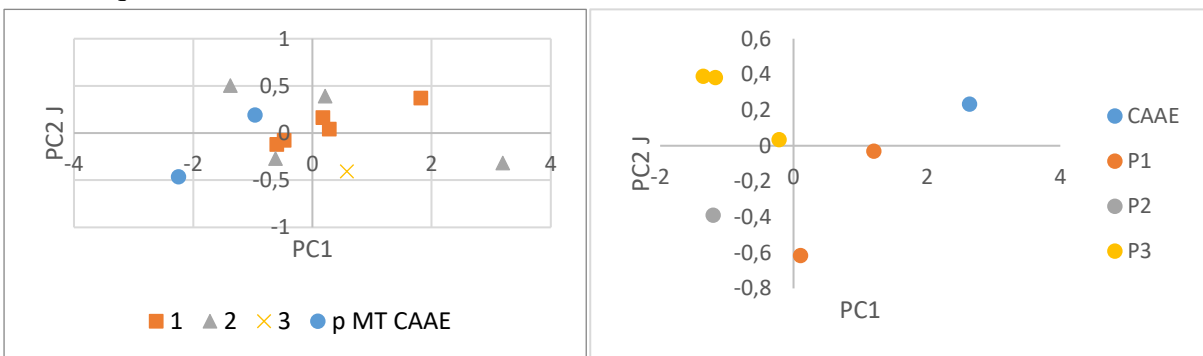


Figura 45 Resistència a la torsió en la part proximal (esquerra) i distal (dreta) del metatarsià

Pel que fa a la distribució de la massa cortical les dades obtingudes a partir de la secció proximal reflecteixen una distribució bastant equilibrada, amb una preponderància del moment d'inèrcia mediolateral en el cas de les cabres domèstiques dels períodes 1 i 2, que contrasta amb la distribució desigual reflectida per l'individu del període 3, amb un valor marcadament superior tant al dels exemplars domèstics com al dels exemplars salvatges. En la secció distal, el moment anteroposterior duplica, en general, el moment mediolateral, tant en el cas dels exemplars domèstics dels períodes 1 i 2 com dels exemplars salvatges, que presenten valors similars. Al període 3 però, el moment anteroposterior té més pes que el moment mediolateral.

Pel que fa al moment polar d'inèrcia, s'han eliminat els efectes de la mida a partir de l'ACP de les respectives mesures de l'epífisi corresponent i J. Dels resultats obtinguts, s'ha emprat el primer eix com a representatiu de la mida i el segon eix com a representatiu del valor de J sense l'efecte de la mida. En el cas dels valors obtinguts per al PC2, s'ha pogut apreciar que la distribució dels valors estava invertida respecte a la seva distribució lògica comparant la disposició original dels valors originals (J i Mitjana geomètrica) respecte la línia de regressió. En conseqüència, els valors de J del tall distal del metatarsià s'han invertit per facilitar la lectura de les dades.

	Ct.Ar/Tt.Ar						Iap/Iml						
	HU	MC p	MC d	TI	MT p	MT d	HU	MC p	MC d	TI	MT p	MT d	
N	32	1	1	43	10	6	N	32	1	1	43	10	6
Min	0.40	0.66	0.65	0.33	0.60	0.55	Min	1.08	1.84	3.09	1.19	0.74	1.96
Max	0.65	0.66	0.65	0.69	0.70	0.65	Max	2.32	1.84	3.09	1.99	1.34	3.34
Mean	0.55	0.66	0.65	0.50	0.65	0.61	Mean	1.53	1.84	3.09	1.57	0.94	2.43
Std. error	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	Std. error	0.06	-	-	0.03	0.05	0.20
Variance	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	Variance	0.11	-	-	0.04	0.03	0.23

**Taula 5 Resum de les propietats mecàniques d'húmers, tíbils, metacarpians i metatarsians.**

Un cop extrets els efectes de la mida, les cabres salvatges presenten en la secció proximal valors proporcionalment més baixos que la resta de les cabres domèstiques. En el cas del tall distal, el valor de la cabra salvatge està entre els més elevats, només superat per dues de les cabres domèstiques del període 3. Pel que fa als individus domèstics, s'aprecia com del període 1 al 2, com a mínim en relació als talls proximals, hi ha un augment del moment polar d'inèrcia i de la seva variabilitat. En canvi el període 3 reflecteix els valors més baixos de tots. En el tall distal, en canvi, la dinàmica s'inverteix, amb els valors més baixos per al període 1 i els més alts per al període 3.

Els resultats obtinguts, reflecteixen una reducció de la robustesa dels animals al llarg de la seqüència i també entre la forma salvatge i la domèstica. Al Període 2 s'aprecia com augmenta la variabilitat de les forces de torsió, en comparació amb el Període 1 i també respecte als salvatges. S'aprecien també canvis en la forma en la que les forces es distribueixen sobre l'os entre els espècimens salvatges i els domèstics. Cal destacar, en tot cas, que els valors de circularitat obtinguts per al Període 3 suggereixen un nou canvi en com es distribueixen les forces a l'os, més semblant al dels exemplars salvatges, tot i que cal prendre-ho amb precaució pel baix número de mostres.

S'ha procedit a continuació a comparar entre l'extremitat anterior i la posterior. La utilització dels índex relatius ens permet d'establir comparacions entre els diferents ossos. A la Taula 5 es resumeixen les dades obtingudes per a tots els elements esquelètics estudiats de *Capra hircus*, agrupats segons si pertanyen a les extremitats anteriors o posteriors.

Pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical, si ens fixem en la mitjana dels diferents ossos, els resultats indiquen que els metatarsians i, potser els metacarpians també, serien els elements esquelètics més robusts de tots els analitzats. No cal dir però, que els valors

disponibles per al metacarpia no són representatius d'aquesta part esquelètica degut al baix nombre d'efectius disponibles. D'altra banda, els elements esquelètics amb una quantitat

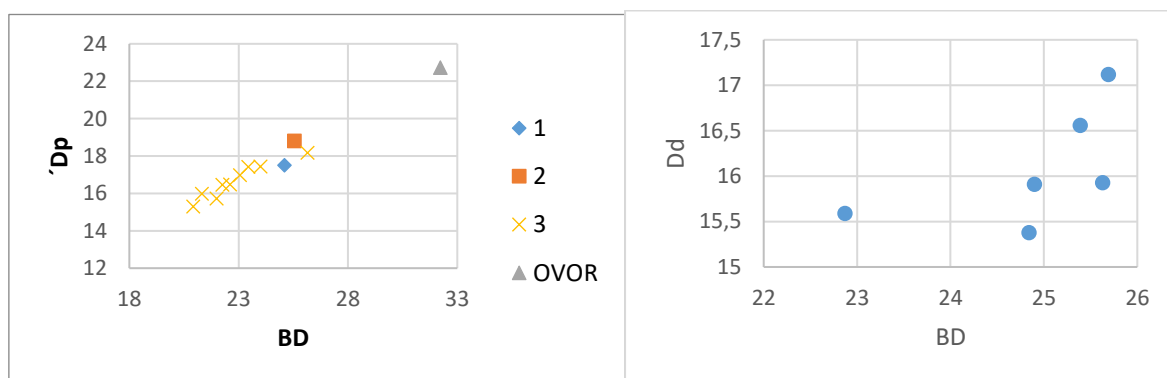
relativa de massa cortical més baixa (de mitjana) són tant l'húmer com la tibia (que és l'os amb el valor més baix). Ara bé aquests dos ossos, tibia i húmer són també els que disposen d'una mostra molt més àmplia i representativa de tota la seqüència arqueològica, fet que dona a les seves dades un rang de variabilitat més elevat. De fet, si ens fixem en els valors màxims i

mínims, la tibia presenta les proporcions de massa cortical més baixes (d'un 33% respecte l'area de la secció) i gairebé les més altes també (un 69% de la secció és massa cortical) només per darrera dels valors obtinguts per a la part proximal del metatarsià.

En aquest sentit, la tibia és l'os, dels analitzats aquí, que possiblement es veu més afectat per la variació de les forces aplicades sobre l'os a causa de possibles variacions en la mobilitat dels animals. El menor número de mostres disponibles per als metacarpians i els metatarsians, així com la baixa representativitat de la seqüència arqueològica del jaciment fa més complex evaluar la intensitat dels efectes de les variacions en els règims de mobilitat sobre aquests ossos, però és d'esperar que el rang de variabilitat augmenti respecte les dades ara disponibles.

### 5.2.3. Anàlisi comparativa de les pautes biomecàniques entre ovelles i cabres en les etapes inicial del neolític

La caracterització biomètrica a partir de les mesures lineals de l'epífisi del metacarpia permet valorar la mida de les diferents mostres d'ovella seleccionades (Figura 47).

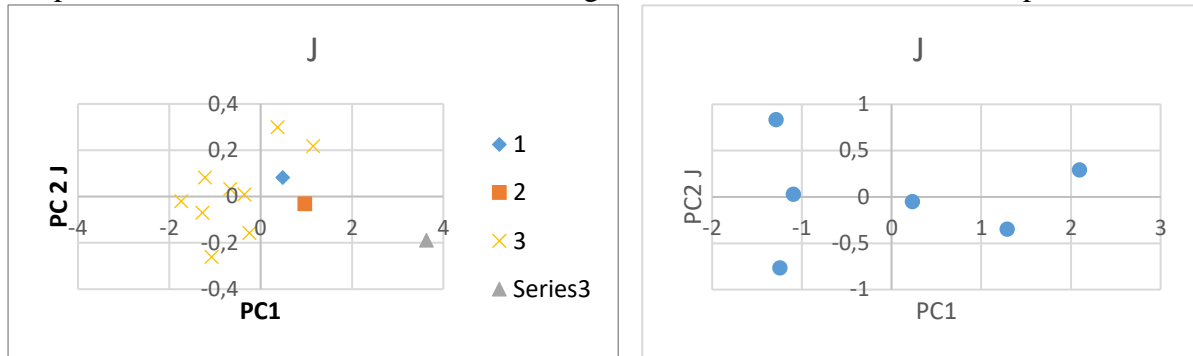


**Figura 47** Dispersió de les mesures de l'epífisi del metacarpia d'ovella. A l'esquerra, epífisi proximal, A la dreta, epífisi distal.

En aquest sentit, es pot apreciar a partir de les mesures de l'epífisi proximal la diferència de mida entre l'exemplar d'*Ovis orientalis* i la resta de mostres d'*Ovis aries*. Dintre de la població d'ovella domèstica, la manca de restes per als períodes 1 i 2 dificulta l'apreciació de diferències de talla clara entre períodes, si bé les ovelles del període 3 mostren la majoria d'exemplars per sota de la mida dels exemplars disponibles per als períodes anteriors. Les mesures obtingudes per a la part distal del metacarpia d'ovella sembla permetre la distinció de dues poblacions diferenciades en base a la seva mida. En aquest sentit, seria plausible plantejar que l'individu de mida reduïda pugui tractar-se d'una femella (Figura 47).

Pel que fa la relació entre l'àrea de la secció i l'àrea de massa cortical (Taula 6), s'aprecien tendències similars a les descrites per a les mesures lineals de les epífisis, si bé en el tall distal no es detecta una agrupació de les restes en base a la seva mida.

L'índex d'aquests dos valors, la quantitat relativa de massa cortical, permet observar que els metacarpians d'ovella presenten, en bona mesura, una robustesa similar tant en la part distal com en la proximal. Poques inferències es poden fer respecte a l'evolució temporal de la quantitat relativa de massa cortical, si bé els valors obtinguts a les dues mostres disponibles per als períodes 1 i 2 es mantenen dintre del rang dels talls fets en les ovelles del període 3. Així



**Figura 48 Resistència a la torsió de les parts proximal (esquerra) i distal (dreta) del metatarsià**

mateix, també és un aspecte a tenir en compte el fet que l'únic fragment disponible d'ovella salvatge presenti una major índex de quantitat relativa de massa cortical que la resta de domèstics.

Pel que fa a l'índex de circularitat (Taula 6), els valors obtinguts tant per als talls realitzats en la part proximal del metacarpia com en la part distal indiquen que el moment anteroposterior predomina de forma clara sobre el moment mediolateral. D'altra banda, destaca que en la part distal la component anteroposterior és més d'un punt de mitjana superior a la registrada en els talls proximals. Així mateix, l'índex de circularitat obtingut per l'ovella salvatge en el tall proximal presenta un valor més elevat que el de les ovelles domèstiques, equivalent a més d'un punt per sobre de la seva mitjana.

Els valors obtinguts per a J (Figura 49) reflecteixen una major variabilitat en els resultats obtinguts en els talls realitzats en la part distal del metacarpia. Destaca però, que l'exemplar d'ovella salvatge presenta un dels valors més baixos dels obtinguts. Pel que fa al metatarsià, la dispersió de les mesures lineals obtingudes de les epífisis proximals i distals dels metatarsians d'ovella seleccionats permeten apreciar en certa manera la disminució de la talla de l'ovella al llarg del temps. De la mateixa manera, la dispersió de les mesures lineals de l'epífisi distal permet apreciar dues possibles poblacions diferenciades en base a la seva mida durant el període 2, si bé la quantitat de mostres pot estar produint aquest efecte. L'àrea de la secció proximal, en canvi, reflecteix que les diàfisis dels metatarsians d'ovella del període 3 son de talla més elevada

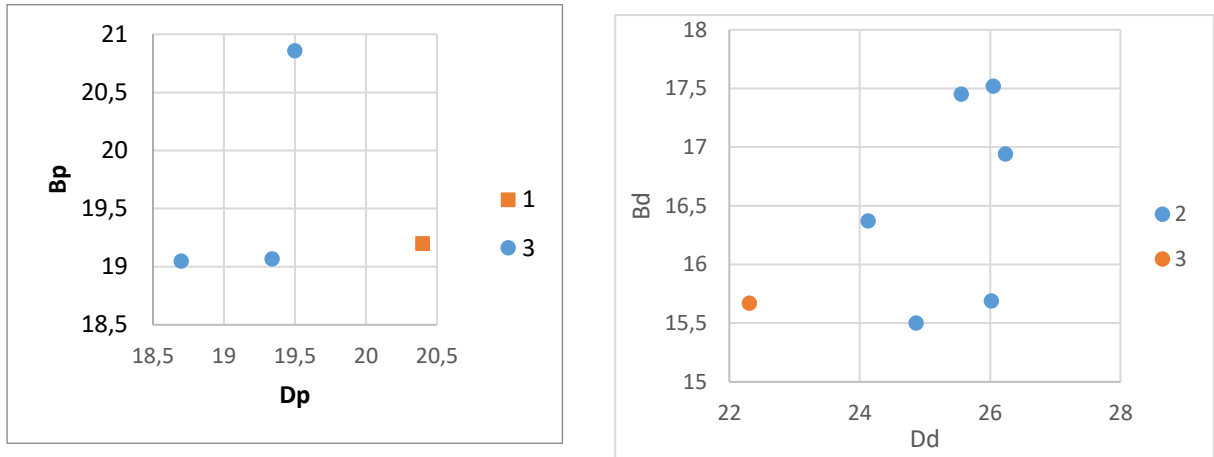


Figura 49 Dispersió de les mesures de les epífisis proximal (Esquerra) i distal (dreta) dels metacarpians d'ovella

que les del període 2. En els talls distals, si bé s'aprecia una dinàmica semblant, l'efecte és menys evident que a la part proximal, on s'inverteixen les posicions dels valors

L'índex obtingut a partir de l'àrea de la massa cortical i l'àrea total de la secció (Taula 6) indica que els metatarsians proximals podrien tenir una quantitat relativa d'os més elevada a la part

	Ct.Ar/Tt.Ar							
	Metacarpia				Metatarsia			
	distal		proximal		distal		proximal	
	Cabra	ovella	Cabra	ovella	Cabra	ovella	Cabra	ovella
N	1	6	1	11	6	7	10	4
Min	0.65	0.50	0.66	0.56	0.55	0.48	0.60	0.62
Max	0.65	0.72	0.66	0.71	0.65	0.67	0.70	0.76
Mean	0.65	0.65	0.66	0.64	0.61	0.62	0.65	0.68
Std. error	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03
Variance	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

proximal que a la part distal i, a falta de més dades, el període 3 sembla presentar el valor més elevat de l'índex.

	Iap/Iml							
	Metacarpia				Metatarsia			
	distal		proximal		distal		proximal	
	Cabra	ovella	Cabra	ovella	Cabra	ovella	Cabra	ovella
N	1	6	1	11	6	7	10	4
Min	3.09	2.89	1.84	1.90	1.96	2.08	0.74	0.79
Max	3.09	4.11	1.84	2.71	3.34	2.97	1.34	1.10
Mean	3.09	3.41	1.84	2.25	2.43	2.56	0.94	0.98
Std. error	0.00	0.21	0.00	0.07	0.20	0.11	0.05	0.07
Variance	0.00	0.25	0.00	0.06	0.23	0.08	0.03	0.02

L'índex de circularitat indica unes diferències clares en la distribució de la massa cortical en les dues seccions realitzades (Taula 6). Mentre que a la secció proximal podem observar un cert equilibri entre el moment

Taula 6 Resum de les propietats mecàniques de les parts distals i proximals de metacarpians i metatarsians d'ovella i cabra de tell Halula

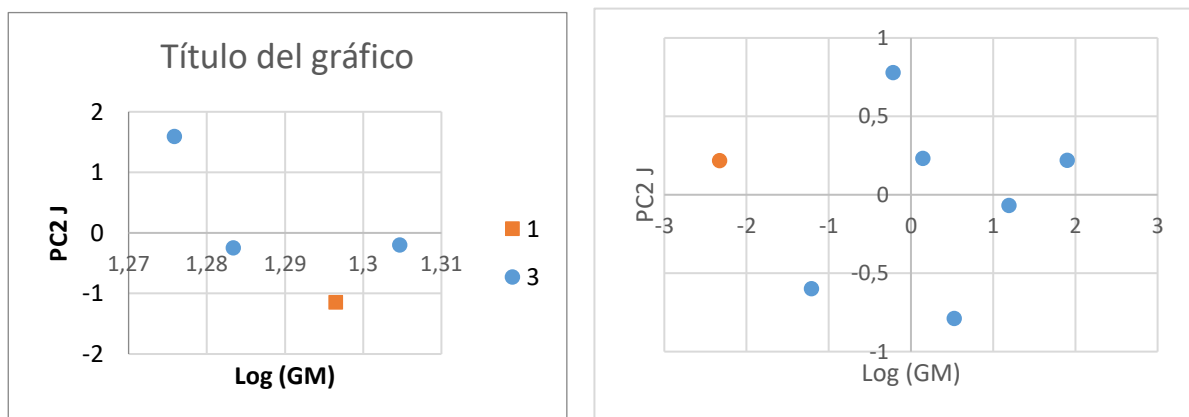
(m=1), a la secció distal el moment anteroposterior és de 2 a 3 vegades més elevat que el moment mediolateral (m=2.5).

Pel que fa al moment polar de l'àrea (Figura???) , un cop eliminat l'efecte de la mida, s'ha corregit la inversió dels valors de J en el PC2 de l'ACP realitzat per a les seccions transversals dels fragments distals. Les ovelles amb els valors més elevats a les seccions proximals

corresponen al període 3. De manera similar, l'única ovella del període 3 de la que s'ha pogut obtenir una secció mostra un valor igualment elevat, dintre del rang de resultats obtinguts per a les seccions distals.

Pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical, ovelles i cabres no presenten unes diferències gaire marcades. Donada la composició de la mostra de metacarpians de cabra les comparacions són difícils per a aquest os. Si bé cal dir que els valors disponibles de quantitat relativa de massa cortical per a la cabra, tant en el tall proximal com en el distal, se situen a la mitjana dels resultats obtinguts per l'ovella en aquests mateixos talls, caldria evaluar la tendència de les cabres per tal d'extreure conclusions més clares. Si prenem de referència els talls realitzats sobre els fragments identificats com a ovella i cabra salvatges, no inclosos en el resum de dades, podem observar que en aquest cas, les diferències tampoc són especialment marcades. Els dos exemplars de *Capra aegagrus* presenten un valor de 0,71 i 0,66 i l'exemplar d'*Ovis orientalis* un valor de 0,71. Pel que fa al metatarsià, els valors obtinguts per l'ovella són, de mitjana, més elevats que els de la cabra, encara que la diferència no és gaire. Al mateix temps, el rang de variabilitat obtingut per a les seccions distals de l'ovella és més ampli, amb valors mínims per sota i màxims per sobre dels proporcionals per la cabra domèstica. La proporció de massa cortical en la part proximal és, així mateix, més elevada en ovelles que en cabres, tant de mitjana com pel que fa als valors màxims.

En general, però, aquestes diferències permeten establir únicament tendències sobre les



**Figura 50 Resistència a la torsió de les parts proximal (esquerra) i distal (dreta) del metatarsià d'ovella**

diferències potencials entre una i altra espècie.

La distribució d'aquesta massa cortical, permet observar, no obstant, algunes diferències. De mitjana, l'índex de circularitat és més elevat en les ovelles que en les cabres. Aquesta diferència és especialment notable en la part distal dels metatarsians i, en certa manera, en la part distal i proximal del metacarpità, si bé la diferència de mostra no permet una comparació efectiva. En tot cas, destaca que, malgrat tenir una mitjana més baixa, les cabres presenten un rang de variabilitat més gran que les ovelles, que tenen uns valors més homogenis. Aquesta diferència és especialment marcada en la secció distal del metatarsià. En relació als metacarpians, cal també valorar les mostres identificades com a salvatges. L'ovella salvatge presenta una circularitat de 3,44 i les dues cabres salvatges 3,58 i 3,29. En el cas dels salvatges, difícilment

podem establir alguna diferència. D'altra banda si comparem l'exemplar de cabra amb el d'ovella del mateix període la diferència entre un i altre correspon a les respectives mitjanes.

### 5.3.3. *Dinàmica general registrada a tell Halula*

Els resultats obtinguts permeten observar com al llarg de la seqüència arqueològica analitzada els húmer tenen progressivament una quantitat més reduïda de massa cortical en proporció a l'àrea de la secció. Això, juntament amb la reducció de la talla, implica que les cabres de Halula són cada cop més petites i amb menys massa cortical, més fràgils. Si l'os es remodela i s'adapta a l'estrés rebut això voldria dir que cada cop estan rebent menys estrès físic. L'índex de circularitat en els húmer augmenta, això vol dir que a mesura que s'avança en l'ocupació del jaciment, la diferència entre l'estrés rebut en l'eix anteroposterior i l'eix mediolateral augmenta, afavorint l'estrés anteroposterior. Això es pot interpretar en relació al tipus de moviment que poden realitzar. Aquest estaria cada vegada més constrenyit i es focalitzaria en una sola direcció. Donada la posició de l'humer en l'esquelet això podria respondre al propi sosteniment de l'animal i a una minimització del moviment que més que augmentar l'esforç en l'eix principal, el redueix en el mediolateral. La reducció de J reflecteix la baixada de l'estrés rebut en els eixos principals i implicaria una reducció de l'estrés rebut sobre l'os, es a dir, menys activitat.

La tibia contrasta amb l'húmer en el sentit en que augmenta la quantitat relativa de massa cortical a la part distal. Aquest fet pot ser a causa de la diferent funcionalitat i posició dels dos ossos. La tibia, amb una funció més propera al sosteniment vertical del pes de l'animal, podria veure augmentades les càrregues sobre la part distal de l'os. Un reflex d'això podria ser l'aparició més freqüent d'afectacions osteoporòtiques als talus com a causa del contacte amb la tibia en poblacions domèstiques. Si prenem de referència el comportament dels salvatges referencials, i la progressiva disminució de la talla al llarg de la seqüència, l'augment de variabilitat durant el període 2 podria respondre a canvis en la composició del ramat o, com a mínim, de la mostra estudiada, doncs les femelles presenten valors més variables pel que fa la quantitat relativa de massa cortical.

La relativa estabilitat dels valors de l'índex de circularitat recolzen la funció més de sosteniment de la tibia i els canvis apreciats semblen vinculats a la mateixa variabilitat de la composició del ramat (major variabilitat al P2, igual que amb la quantitat relativa de massa cortical) i al mateix augment detectat en el cas dels húmer, però de forma més lleu.

Pel que fa al comportament dels mascles i les femelles, els exemplars identificats amb major seguretat en un o altre grup no permeten apreciar diferències entre ells, tot i que és plausible que només estiguin reflectint una part de la variabilitat. Cal tenir en compte que les femelles salvatges presenten un rang de variabilitat que inclou les diferències entre els dos.

Les dades disponibles indiquen que entre els individus identificats com a domèstics hi ha alguns animals que proporcionalment tenen més massa cortical que els salvatges i que, a més, la relació entre el moment anteroposterior i mediolateral és similar. També el moment polar, J, resulta

més elevat en el cas d'alguns exemplars domèstics un cop estreta la influència de la mida. Es tracta d'animals més petits que els bocs salvatges i més grans que les cabres salvatges, però que a efectes pràctics presenten pautes similars als salvatges. En canvi, la major part del grup domèstic es desmarca progressivament dels valors associats als salvatges, malgrat que molts cops la variabilitat inherent a aquests (especialment els salvatges) eclipsa l'apreciació de canvis. En aquest sentit, es poden plantejar diversos escenaris. Per un costat, és possible que el comportament actiu natural de les cabres no es perdi de forma significativa amb el seu creixement en captivitat. La implementació d'estratègies de gestió i manteniment no restrictives, considerant la seva cria en règims oberts de semi-llibertat, facilitaria la permanència d'aquests caràcters més propis de l'agriotip salvatge, malgrat que ja es puguin apreciar algunes diferències de talla entre els dos grups. És possible també que els ramats de tell Halula, especialment durant el període 1, incorporin alguns espècimens salvatges o híbriditzats, que podrien mantenir la línia de comportament més salvatge present dintre del ramat. Altres possibles usos alternatius de les cabres, com el seu ús com animal de càrrega, no són, per ara, apreciables en el registre arqueològic, si bé res indica tampoc el contrari.

Pel que fa a les diferències entre ovelles i cabres la mostra utilitzada no permet apreciar diferències ostensibles entre una espècie i l'altra. S'evidencia, en tot cas, una tendència lleugerament diferent en el cas dels metatarsians, però cal tindre en compte que la diferent cronologia de les mostres pot afectar aquests resultats. En tot cas les diferències semblen, per ara, producte dels hàbits de mobilitat naturals d'ambdues espècies.

#### 5.4. Paleopatologia òssia, mobilitat i explotació dels bovins domèstics durant el neolític

Fins ara s'ha treballat el mediterrani oriental, àrea per la qual es documenta la domesticació autòctona per les 4 principals espècies. Al mediterrani occidental la dinàmica documentada a inicis del neolític és diferent. Si bé per algunes espècies es proposa la seva domesticació directa a partir de les poblacions salvatges de la zona, tal com són els porcs i bous, per ovelles i cabres les anàlisis genètiques portades a terme evidencien un origen forani. No obstant, les modalitats de transmissió poden haver estat molt variades, des de l'intercanvi d'animals i de coneixements fins a l'arribada directa de noves poblacions conjuntament amb els ramats.

Sobretot en aquest darrer cas, les espècies domèstiques haurien necessitat un procés d'adaptació als nous ambients. Aquesta adaptació deu haver estat condicionada per les característiques de l'espècie, la seva talla, hàbits alimentaris, patrons de comportament territorial, fisiologia, etc. registrant-se probablement encara més variabilitat en funció del grau de pressió selectiva humana aplicada sobre aquests ramats. Aquesta pressió selectiva seria el resultat de la confluència de l'ambient social amb el natural i estaria estretament vinculada als règims d'explotació als que es sotmeten els ramats domèstics.

El tipus de ramaderia practicada podria ser potencialment més polivalent que en ramaderies on s'integren animals durant les fases inicials de domesticació, quan el control de la reproducció i la demografia del ramat deuria ser un aspecte bàsic. En aquest sentit, és important diferenciar entre l'adopció d'animals domèstics amb la finalitat d'estabilitzar l'abastiment en produccions



primàries, de la pràctica d'una ramaderia ja consolidada, basada en una explotació flexible dels recursos domèstics. La segona situació pot comportar, a la llarga, la pràctica de ramaderies especialitzades, basades en l'explotació més intensiva d'unes determinades produccions animals. Tal es el cas, per exemple, de les explotacions intensives de llet, fibres o energia. En aquests casos, les pressions selectives a les que es veuen sotmesos els animals son més intenses i, per tant, es poden manifestar també de manera diferent sobre l'esquelet, característica que permetria en alguns casos detectar-les.

Un dels exemples més interessants en aquesta línia es *Bos taurus*. Es tracta d'una espècie amb un elevat grau de polivalència. Per aquest motiu es interessant preguntar-nos si, en el cas del jaciments de l'àrea de la mediterrània occidental, s'ha adoptat ja domèstica per algun propòsit d'explotació específic (llet, força, carn...) o bé no està sotmesa a pressions selectives molt dirigides. Sense descuidar el fet que per aquesta espècie no està descartada encara la seva domesticació autòctona.

L'anàlisi de la microestructura òssia pot ser de gran ajuda en aquesta línia, doncs en base a les formulacions efectuades en capítols anteriors, hauria de permetre diferenciar entre una situació en que els bous s'exploten com a força de treball d'aquelles on només es crien per destinar-los al consum o de cara a l'explotació làctia. La pregunta concreta és: es factible evidenciar en un jaciment si l'adopció dels bovins s'ha realitzat per motius alternatius a la producció d'aliment?

Aquesta es precisament una les preguntes que guien el present apartat. Per això s'ha seleccionat dos contextos amb característiques ambientals ben diferenciades: el poblat del neolític antic de la Draga i el jaciment del neolític mig de la cova de les Pixarelles. Tal com s'ha exposat a l'apartat de materials, els propòsits de la ramaderia de bous en un i altre cas semblen a priori diferents. És possible a partir de l'estudi de les pautes de mobilitat i esforç realitzades per aquests animals i de la paleopatologia òssia avaluar l'ús que es feia dels animals d'aquesta espècie? Un aspecte interessant lligat a aquesta pregunta es també la variabilitat d'usos que es poden detectar dins d'un ramat. En el cas de l'explotació com a mitjans de transports o tir, per exemple, els estudis etnogràfics indiquen que només uns pocs animals del ramats s'utilitzaven amb aqueta finalitat. Serà imprescindible, per tant, diferenciar entre les càrregues vinculades a la vida quotidiana dels animals, d'aquelles resultats directe de l'ús que se n'ha efectuat durant la vida.

#### 5.4.1. L'adopció de *Bos taurus* durant el neolític

L'explotació del bestiar boví en la Península ibèrica durant el Neolític és un fet àmpliament documentat en un bon nombre de jaciments, si bé les evidències disponibles o accessibles varien en funció dels àmbits regionals d'estudi. De la mateixa forma, l'explotació del seu avantpassat salvatge, l'ur, respon a les mateixes dinàmiques de disponibilitat de dades.

En línies generals, *Bos taurus* té uns requeriments alimentaris i de manteniment bastant específics, incloent grans quantitats d'aigua de forma regular i pastures de qualitat abundants,

que requereixen de coneixements profunds per a la seva cria i desenvolupament efectiu. En aquest sentit, si bé no es documenten evidències directes de domesticació autòctona d'aquesta espècie (tot i que alguns autors com Wright i Viner (2015) proposen aquesta possibilitat), cal considerar que l'adopció inicial dels bovins no es realitzaria sobre un substrat de coneixement buit. És més que evident la necessitat de conèixer els costums reproductius i les preferències i necessitats alimentàries de l'animal, però al mateix temps, l'adopció d'una espècie exògena requereix un control gairebé absolut dels espais naturals que compleixen aquestes necessitats. Els escenaris de domesticació dels bovins són diversos (Larson, 2013). Cal valorar en aquesta línia els resultats obtinguts mitjançant anàlisis de ADNmt en el jaciment de Mendandia (Alday 2012), que han permès documentar l'haplotip genètic T de *Bos taurus* en els nivells de cronologia mesolítica (6331-6001 ANE). El debat generat continua obert i ofereix perspectives interessants quant a la difusió i domesticació local dels bovins. Així i tot, les dades són encara escasses, i cal esperar noves series d'anàlisis de ADN a nivell peninsular per a avaluar els efectes sobre la nostra concepció de l'adopció dels bovins en la península.

L'explotació de *Bos*, tant en la seva varietat domèstica com salvatge, al llarg del neolític sembla centrar el seu interès en l'aprofitament carni. Tal és el cas de jaciments com Mendandia (Alday 2012), on l'ur és objecte d'una caça estacional, com de Cova de Chaves (Castaños 1983, 2004), on es documenta el sacrifici majoritari del bestiar al voltant dels dos anys (òptim carni), o Reina Amàlia (Navarrete 2018), amb un patró de sacrifici sistemàtic dels espècimens de dos anys d'edat. Així i tot, s'ha pogut constatar amb claredat en alguns jaciments l'explotació del bestiar boví com a força de tir o per a l'obtenció de llet. El cas més paradigmàtic d'explotació de productes *in vivo* és el jaciment de la Draga (Saña 2011; Navarrete i Saña 2014), on es documenta una explotació integral i control gairebé absolut de *Bos taurus* (amb evidències d'explotació de llet, força de tir i cria de castrats) així com d'explotació de *Bos primigenius*.

Amb tot, la importància de l'explotació de *Bos* varia segons els jaciments, encara que poden apreciar-se certes tendències. L'explotació de l'agriotip salvatge i de l'agriotip domèstic es desenvolupa de forma desigual per tot el territori. Són poc els casos en què tots dos s'exploten de forma simultània i, en tals casos, els bovins domèstics estan molt més representats que els urs, que mai superen el 5% de representació (Saña, 2013) Cal tenir en compte aquí les dificultats implícites en els criteris biomètrics correntment utilitzats per diferenciar entre la forma domèstica i la salvatge, que fan que ens molts casos aquesta no sigui possible.

L'explotació dels bovins domèstics durant el Neolític inicial es desenvolupa de forma heterogènia en el territori peninsular (Saña, 2013). Es documenten les freqüències de representació més baixes per al sud peninsular, entre el 0,2% i el 6%, i les més elevades per al Llevant, arribant prop del 25%. Per als jaciments del nord, les freqüències de representació es mantenen entre el 0,5% i el 14%, mentre que en el nord-est són una mica menors, entre el 2% i el 7% (Saña 2013), si bé cal tenir en compte que per a aquesta regió, els percentatges d'animals domèstics explotats són molt més elevats, arribant a valors pròxims al 90% (Cova del Frare, Estévez 1981; Navarrete i Saña, inèdit) o Can Sadurní (Saña et al 2015) o fins i tot al 97% a la Draga (Saña 2011; Navarrete i Saña 2014) o Serra de Mas Bonet (Saña, inèdit).

D'altra banda, i especialment en el nord i nord-est peninsular, amb major quantitat de dades disponibles, la importància relativa de *Bos taurus* és clarament superior en els jaciments a l'aire lliure de baixa altitud que en jaciment en alçada o en cova (Saña 2013; Antolín 2018). En línies generals, la importància relativa de l'explotació dels bovins augmenta al llarg del neolític. Si bé no arribarien a superar clarament a ovelles i cabres, sí que es documenten alguns casos on *Bos taurus* passa a un primer pla. Ja durant el neolític inicial, trobem alguns jaciments com la Renke (Altuna 2001), on *Bos taurus* representa el 97% de la fauna domèstica. Durant el neolític mitjà, si bé podria considerar-se un exemple gairebé excepcional, ens trobem amb el jaciment de Cova de les Pixarelles, on les restes de bovins se situen al voltant del 80% de les espècies identificades en tot el conjunt.

En conclusió, podem apreciar com ja en el neolític inicial l'adopció del bestiar domèstic es produeix de forma plena, amb un domini clar de les possibilitats productives que aquest animal pot oferir. Podem veure-ho reflectit en la seva explotació diversificada en alguns jaciments i també potser, en l'augment de la seva rellevància econòmica al llarg del neolític. Així i tot, la seva adopció no és homogènia i, a més de poder apreciar certes dissimilituds geogràfiques quant a la seva representació, també semblen documentar-se certes diferències en relació als ritmes d'adopció, més primerenca en el nord-est que en el nord peninsular.

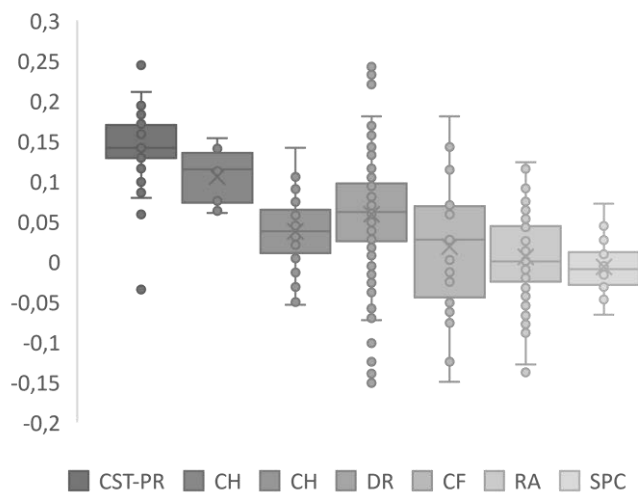
#### 5.4.1.1. La ramaderia de *Bos taurus* al jaciment de la Draga: trets biomecànics

Pel que fa als bovins s'ha documentat tant la presència d'ur com de bou domèstic (Saña, 1993; Saña, 2011). *Bos taurus*, representa el 22% de les espècies domèstiques, però la seva importància destaca sobretot per la quantitat de carn potencialment subministrada, el 60,6% del total aportat per les espècies domèstiques. Els patrons de sacrifici documentats evidencien un sacrifici majoritari dels espècimens entre els 18 i els 24 mesos, si bé alguns individus es mantenen fins als 36-72 mesos així com una elevada mortalitat d'individus infantils (Saña 2011; Roz et al, 2014). Aquest patró de sacrifici de nounats s'ha relacionat amb una estratègia d'explotació vinculada al consum de la llet (Vigne i Helmer 2007). Pel que fa als espècimens de major edat s'han relacionat amb els individus mantinguts amb funcions reproductives i productives (de llet) i la seva explotació com a força de treball. Les afectacions patològiques registrades (aixamplament de la tràquea, lipping i exostosis en diferents graus), encara que amb una presència relativament baixa (Lladó et al, 2008), . S'ha pogut evidenciar a partir de l'anàlisi dels isòtops estables de C13, que els bous rebrien un suplement alimentari significatiu al final de l'estació seca, coincidint amb el cicle estral i amb l'objectiu, possiblement, de reduir els índex de mortalitat infantil de l'espècie al jaciment (Navarrete, 2018). En tot cas les evidències documentades indiquen un aprofitament intensiu de l'espècie.

En aquesta línia l'estudi d'Helmer et al. (2018) posa de manifest diverses qüestions a tenir en compte pel que a fa a l'ús dels animals i explotació dels animals a partir de l'estudi integra. En relació al desenvolupament de tasques de tracció i transport, s'evidencia una dinàmica diferent en la distribució del pes de l'animal. En tracció, la força de l'animal es concentra a les extremitats anterior, fet que es tradueix en una major incidència de les patologies en aquesta part. Per al transport, les càrregues extra dipositades sobre l'animal tenen efectes negatius sobre

les vèrtebres toràciques i lumbars, exercint pressió sobre les quatre extremitats i afavorint una major robustesa de les falanges posteriors. D'altra banda s'evidencia que la presència d'animals domèstics de talla gran es pot relacionar tant amb la reproducció com amb la presència de castrats, pràctica enfocada a l'augment de la producció de l'animal dirigida a l'obtenció de carn o a l'especialització agrícola. D'altra banda, també cal tenir en compte l'ús de les vaques com a força de treball, que si bé repercuteix negativament en la lactància, no n'és un impediment.

Per tal d'avaluar si els diferents usos de *Bos taurus* plantejats per a la Draga poden quedar reflectits en la microestructura dels ossos del bovins s'ha seleccionat una mostra total de 25 primeres falanges composta per 16 falanges primeres pertanyents a les extremitats anteriors i 9 falanges primeres pertanyents a les extremitats posteriors. S'ha seleccionat únicament falanges fusionades i íntegres, sense evidències d'haver estat termoalterades i per a les quals s'hagués confirmat el seu estatus domèstic amb anterioritat (Saña 2011; Navarrete i Saña 2014; Navarrete 2018).



**Figura 51 Variabilitat en la mida de les poblacions de bous del nord-est peninsular. D'esquerra a dreta Castillejos i cueva de Chaves (*Bos primigenius*), cueva de Chaves, la Draga, Cova del Frare, Reina Amàlia i Sant Pau del Camp. A partir de: Antolín et al. 2014)**

La població de bous de la Draga representada en la figura XXX (a partir de Antolín et al. 2014) presenta un rang de variabilitat pel que fa a la talla molt elevat, prenent tot el rang de variabilitat de les poblacions domèstiques i salvatges del nord-est peninsular. De fet, malgrat que els exemplars de la Draga s'han pogut caracteritzar en la seva majoria com a domèstics, la meitat de la població cau dintre del rang de variabilitat de la població de *Bos primigenius* de Castillejos o de Cueva de Chaves. Els exemplars més petits documentats a la Draga són també presents a jaciments del Pla de Barcelona, com Reina Amàlia o Cova del Frare, en general amb una població de mida més petita.

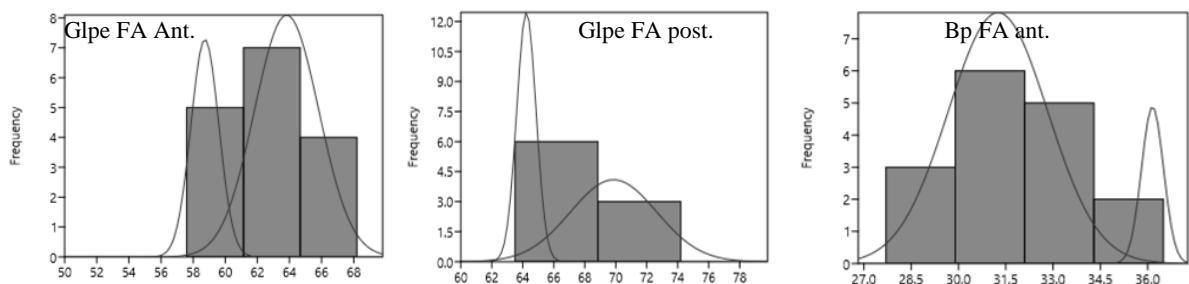
La variabilitat observada a la Draga està molt lluny de la població documentada a Sant Pau del Camp (Figura ???).

A partir dels criteris definits per Dottrens (1946), la mostra de falanges s'ha pogut diferenciar entre anteriors i posteriors i, després, entre mascles i femelles. Aquesta composició de la mostra s'ha explorat amb un ACP a partir de les mesures de la falange seguint els criteris definits per Von den Driesch (1976): llargada de la falange (Glpe), amplada proximal (Bp), amplada mínima de la diàfisi (SD) i amplada distal (Bd). La variabilitat de la mostra s'expressa principalment a partir de Glpe (CV= 57.71%) i Bp (CV=36.85 %). La dispersió de valors obtinguda permet apreciar la separació entre falanges anteriors i posteriors.

Així mateix, s'ha aplicat un *mixture analysis* dels valors de Glpe de les falanges anteriors i de les falanges posteriors de la Draga per separat (Figura 52'). L'anàlisi permet confirmar l'agrupació de les falanges en dos grups significativament diferenciats a partir de la talla En base al dimorfisme sexual de l'espècie, i havent confirmat prèviament l'estatus domèstic de la mostra seleccionada, es plausible confirmar que aquesta separació pot ser principalment causada per la presència de mascles i femelles en la mostra. La separació és, a més, coincident amb la identificació morfològica realitzada a partir dels criteris de Dottrens (1946).

Els percentatges de variances associats a cadascuna de les mesures preses a partir de l'ACP, posa de manifest que podria haver-hi algun altre factor important en la ordenació de les dades. Per aquest motiu es realitza un segon *myxture analysis* a partir de la següent mesura amb el coeficient de variances, Bp (CV=36.85 %). Els resultats d'aquest *mixture analysis* indiquen la presència de dos espècimens significativament més amples que la resta. En base a aquesta informació, i a les conclusions extretes a partir dels estudis previs sobre la totalitat de restes del conjunt (Helmer et al 2018, Bosch et al. 2006, Tarrús et al. 2006) , es planteja que aquesta diferència podria ser deguda a la presència de dos espècimens castrats.

Tal com s'avançava al principi, els estudis arqueozoològics realitzats a partir de la fauna recuperada al jaciment de la Draga ha permès identificar diverses alteracions d'indole patològica en les restes òssies de bou. L'estudi integrat dels metàpodes (NR=27) i les falanges (NR=49) a partir dels criteris definits per Bartosiewicz et al i De Cupere et al (2000) va permetre realitzar una aproximació a l'estat de salut dels bovins de la Draga. (Bosch et al. 2008, , Bosch et al. 2006, Tarrús et al. 2006). En aquest sentit, només es va poder identificar algun tipus d'alteració òssia en 4 de les falanges i 3 dels metàpodes analitzats. Pel que fa a les falanges, presentaven una alteració de la superfície articular lleu, identificada com a lipping. En el cas dels metàpodes, s'evidencià un cas lleu de lipping a l'epífisi proximal i dos casos d'aixamplament de la tròclea medial. Alternativament, tampoc els bucranis recuperats al jaciment presentaven evidències d'algun tipus d'alteració en la seva estructura que es pogués vincular a l'ús d'un jou de cap (Llado et al. 2008)



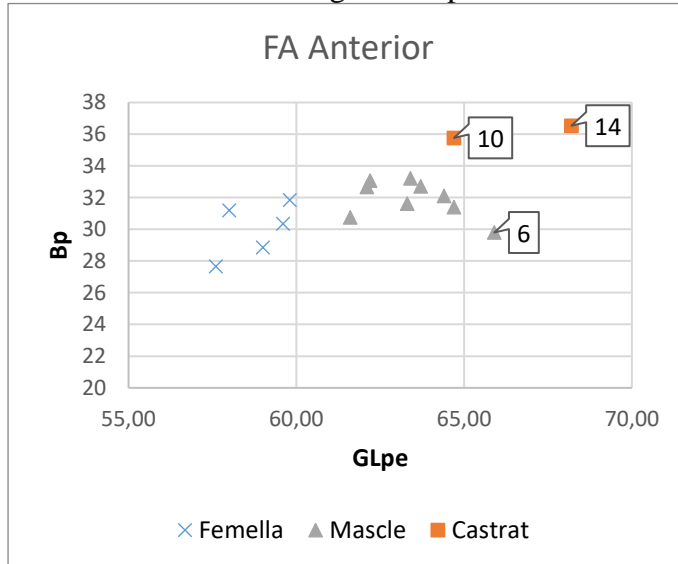
**Figura 52** El *myxture analysis* sobre la llargada de la falange permet separar dues poblacions dintre de les falanges anteriors i posterior. El *mysture analysis* sobre l'amplada posterior permet separar una segona població dintre dels mascles identificada com a mascles.

Recentment, s'ha posat de manifest l'existència d'una alteració de la superfície cortical del tal·lus en poblacions arqueològiques d'animals domèstics que s'ha relacionat amb pràctiques d'estabulació o d'estratègies de gestió amb mobilitat reduïda (Zimmerman et al. 2018). La revisió del conjunt arqueozoològic de la Draga i la incorporació d'aquests nous criteris, ha

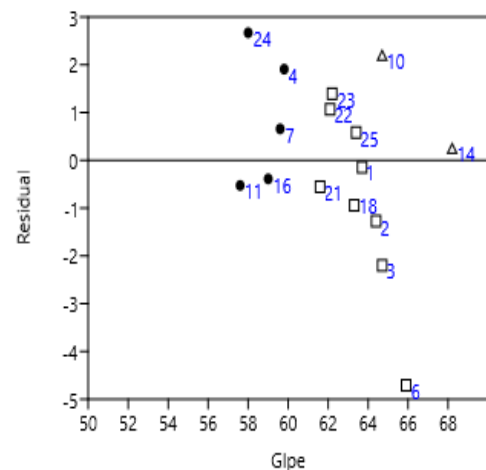
permès identificar la presència recurrent d'aquesta alteració de la superfície cortical del tal·lus (Ruiz 2019). Al jaciment de la Draga, aquesta afectació s'ha pogut documentar en un ventall ampli dels ungulats documentats al jaciment, fet que ha posat de manifest que no es tracta d'una afectació única dels animals domèstics. En tot cas, aquesta alteració del tal·lus sí que es manifesta de forma més recurrent i en major intensitat en els animals domèstics analitzats. La presència d'aquesta alteració reforça les hipòtesis plantejades sobre la implementació de pràctiques d'estabulació al jaciment de la Draga, també documentada a partir de les evidències de paràsits (Maicher et al. 2017). En el cas dels bous, però, s'aprecia una dinàmica diferent a la de la resta d'espècies domèstiques, amb un perfil d'afectació més consistent amb el que presenten les espècies salvatges estudiades. Partint de la consideració de que l'agreuiment d'aquesta alteració està relacionat amb la reducció del moviment, el patró d'alteracions documentat seria consistent amb un cert grau de llibertat, que permetria la mobilització habitual de l'articulació afectada.

En general, doncs, l'estudi de les afectacions òssies sobre les restes recuperades de *Bos taurus* evidencien una població eminentment sana, amb un índex de patologia molt baix, sense una càrrega de treball especialment intensa. En aquest sentit, es planteja que només alguns individus concrets s'utilitzessin com a força de treball i, en tot cas, molt probablement només de forma estacional (López i Pique 2014 Saña 2011, Antolín et al. 2014)

A partir de les dades obtingudes sobre la composició de la mostra analitzada, s'ha procedit a l'obtenció d'una secció transversal de cadascuna de les falanges. La secció s'ha realitzat al punt més estret de la diàfisi seguint els procediments descrits en l'apartat corresponent del mètode.



A partir de les seccions transversals,

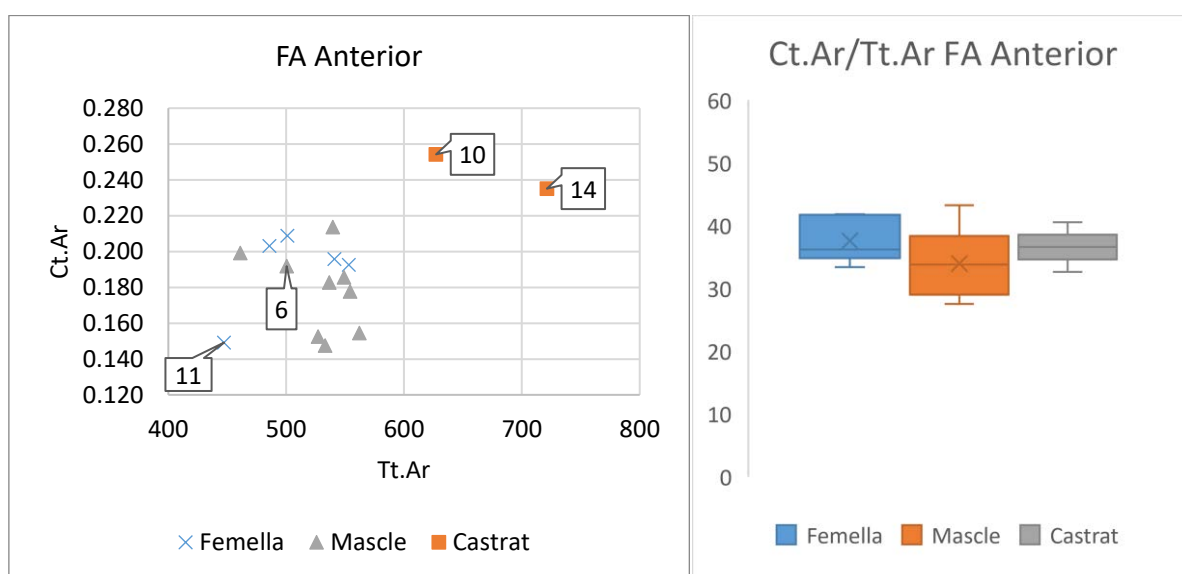


**Figura 53** Distribució de les mesures de la falange, a l'esquerra. Gràfic dels residus de la regressió lineal a la dreta.

s'ha calculat l'àrea de la secció, l'àrea de la cortical i, a partir d'aquests valors, la quantitat relativa de massa cortical. A partir de l'amplada de la secció i del canal medullar en els eixos anteroposterior i mediolateral, s'ha calculat les propietats mecàniques, Iap, Iml i J amb l'objectiu de valorar la mobilitat de la població de bous, considerant possibles diferències en relació al sexe de l'animal, l'edat, el seu entorn i el seu possible ús en activitats agrícoles o de transport.

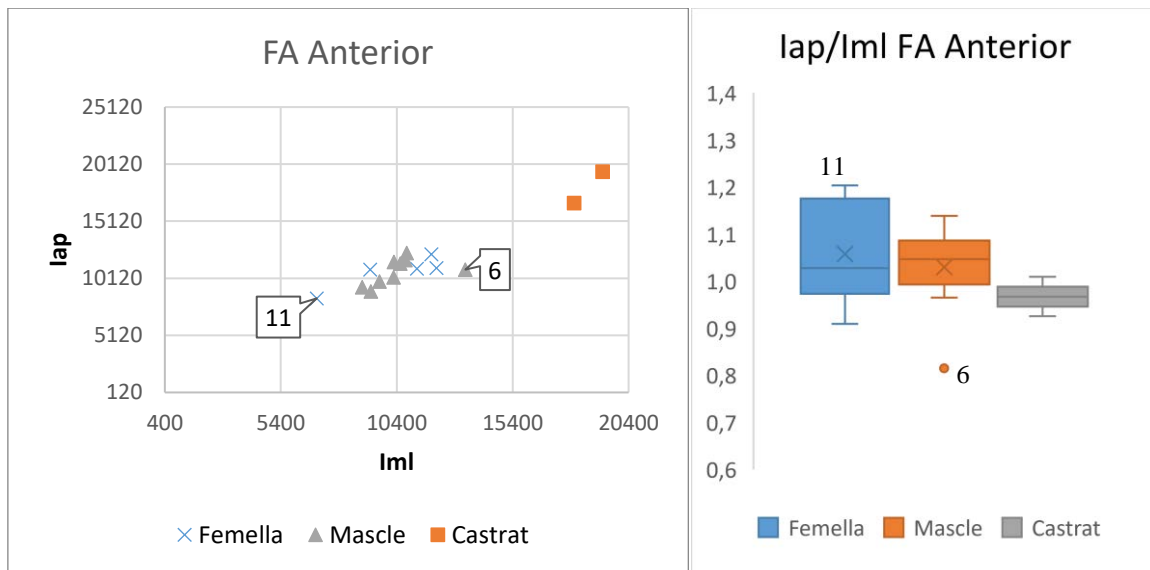
Pel que fa a les falanges de l'extremitat anterior, la dispersió dels valors de les mesures Glpe i Bp permeten observar, tal com mostrava l'ACP, la major mida dels exemplars castrats respecte a la resta de la població, i dels mascles respecte a les femelles (Figura 53). En tot cas, s'aprecia que la falange 6 és de mida excepcionalment gran, plantejant la possibilitat de que es tracti d'un exemplar salvatge. S'evidencia de forma especialment clara a partir dels residuals de la regressió lineal d'aquestes dues mesures ( $r=0.67391$ ), presentant la major distància respecte la línia de regressió de totes les mostres ( $d=-4.7085$ ) dues vegades superior a les falanges més distanciades (DR24,  $d=2.6708$ ; DR3;  $d=-2.2003$ ) que ja hem vist que expliquen la major part de la variança en les mesures preses en les falanges. Aquesta dispersió dels valors ens permet observar com es distribueixen els diferents exemplars seleccionats.

Les càrregues de compressió rebudes per l'os queden reflectides en l'àrea de la massa cortical (Figura 54).

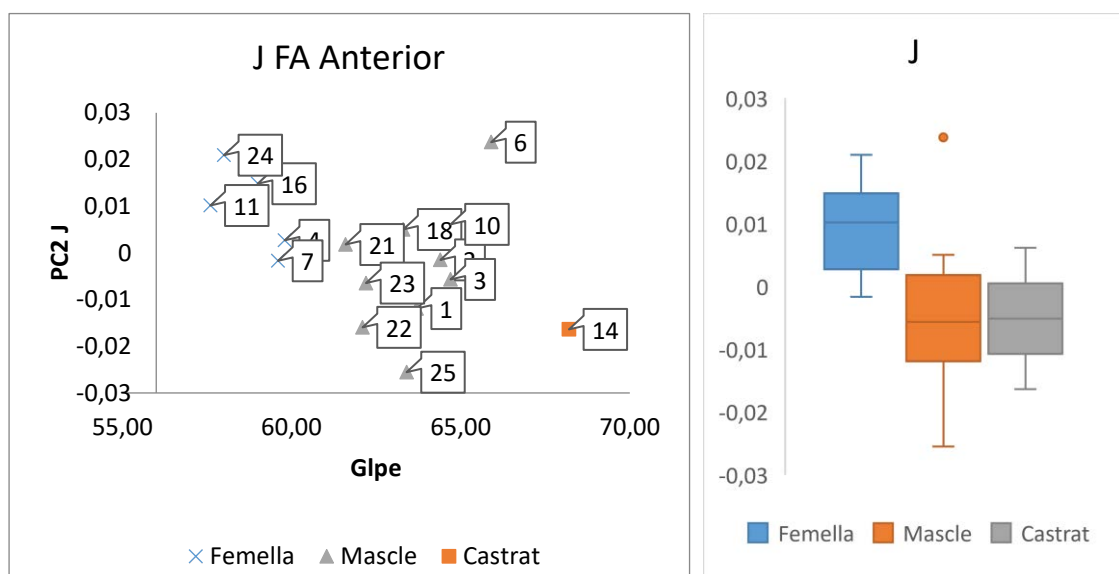


**Figura 54** Dispersió dels valors de la Ct.Ar i la Tt.Ar, a l'esquerra. A la dreta quantitat relativa de massa cortical

En aquest sentit, com més gran sigui la superfície òssia en la secció més gran és la resistència de l'os. Destaca, com és lògic la major superfície de la secció i de la cortical en el cas dels dos castrats. Pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical no s'aprecien diferències significatives en base al test de Kruskal-Wallis ( $p=0.3763$ ), però cal tenir en compte que es documenta una mitjana més elevada en el cas de les femelles ( $m=37.57$ ) que en el cas dels mascles ( $m=33.91$ ) o dels dos castrats ( $m=36.57$ ). Donades unes càrregues similars, la menor mida de les vaques explica, en tot cas, que la seva quantitat relativa de massa cortical sigui més elevada. Resulta interessant també, la distància entre el valor màxim de Ct.Ar dels bous mascles (213.635) i el valor mínim (147,6) i la presència de múltiples valors intermitjos tenint en compte que tenen una Tt.Ar similar.



**Figura 55** Dispersió del moment de l'àrea anteroposterior i mediolateral de la falange, diferenciant entre mascle, femella i castrats (a l'esquerra). Variabilitat en la distribució de la massa cortical al grafic de caixes i bigotis de la dreta.



**Figura 56** Distribució dels valors de J de la falange anterior en relació a la mida dels individus, a l'esquerra. A la dreta, variabilitat entre mascles, femelles i castrats pel que fa a la seva resistència a la torsió.



Els valors obtinguts per al moment anteroposterior i el moment mediolateral indiquen, com seria lògic, que els castrats presenten una major resistència a la flexió. En canvi, malgrat la diferència de mida entre mascles i femelles, els seus moments s'agrupen de manera similar. Val la pena destacar, però, si ens fixem en el coeficient de circularitat (Figura 55), que la falange 6, caracteritzada prèviament com un individu de talla elevada, presenta una major influència de la

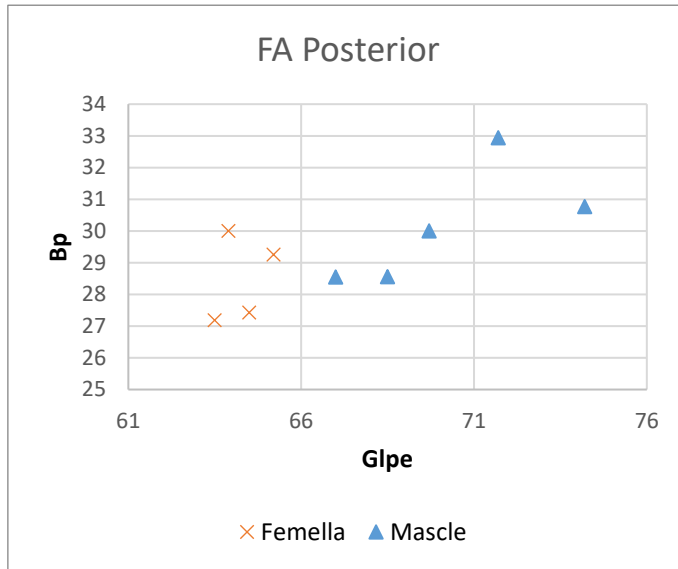


Figura 57 Dispersió de les mesures de les falanges posteriors de mascles i femelles de la Draga.

component mediolateral, que escapa del comportament de la resta de mascles. Alternativament, és interessant destacar que l'individu 11, la femella més petita, representa el cas contrari, amb una distribució de la massa cortical més inclinada cap a l'eix anteroposterior. Així mateix, els dos exemplars castrats presenten un coeficient proper a l'equilibri de forces (0.92 i 1.01). La tendència general és en tot cas, cap al predomini del moment anteroposterior davant del mediolateral.

Després d'haver minimitzat els efectes de la mida de l'animal (Figura 57).

D'altra banda, es presenten els valors obtinguts per al moment polar de l'àrea

La reducció de l'alometria s'ha fet mitjançant el procediment descrit d'utilitzar els valors del segon eix de l'ACP dels valors logarítmics de J i del Centroid Size, obtingut a partir del perfil del periosti. El primer eix representa el 98.188 % de la variança i, per tant, J queda representada en el segon eix sense els efectes de la mida.

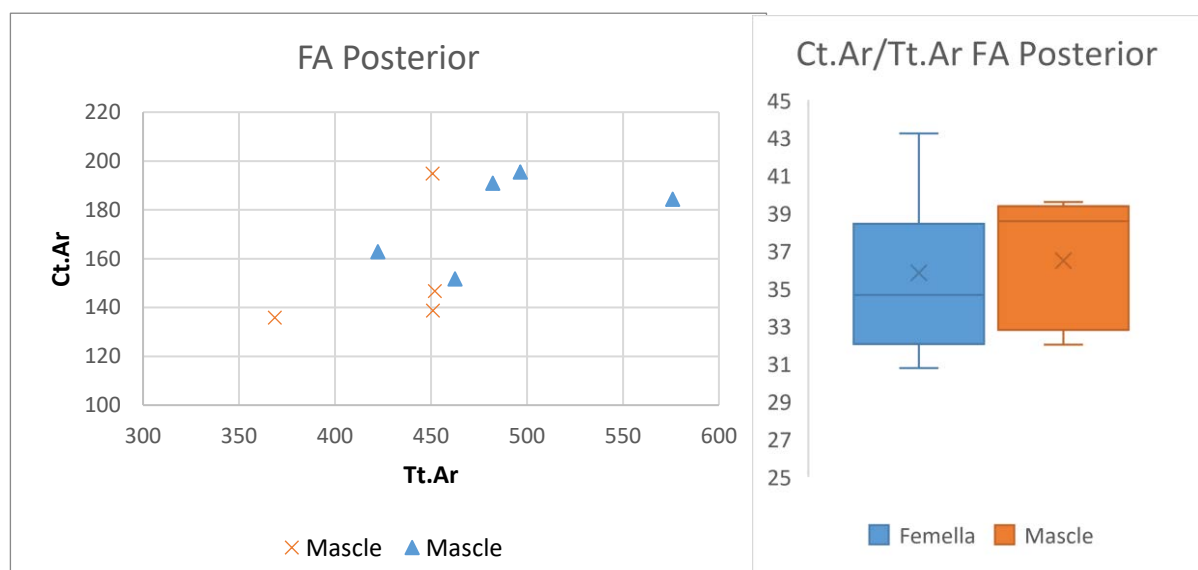
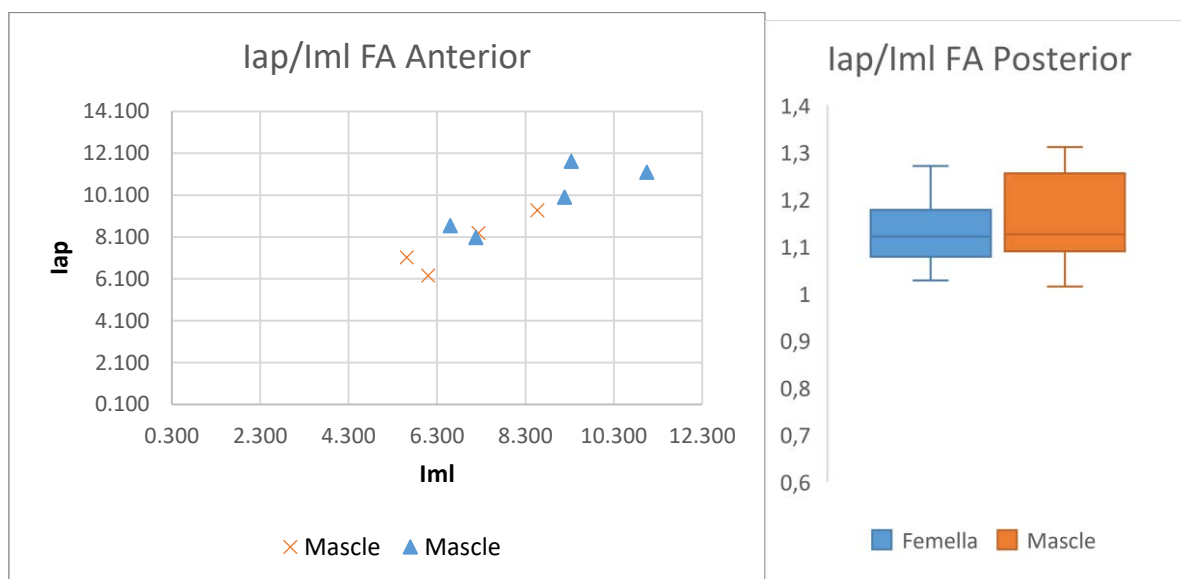


Figura 58 Dispersió dels valors de Ct.Ar i Tt.Ar a l'esquerra i quantitat relativa de massa cortical a la dreta.

Els valors obtinguts indiquen que proporcionalment, les falanges de les vaques tenen valors de resistència a la torsió ( $m=0.009$ ) que contrasta de forma significativa ( $p=0.01996$ , sense l'outlier dels mascles) amb els valors que presenten els mascles ( $m=-0.004$ ) i els castrats ( $m=-0.005$ ). En el cas dels exemplars castrats cal destacar que l'exemplar que podríem considerar de major tamany presenta, proporcionalment, un moment polar de l'àrea més baix que l'altre exemplar, que es troba entre els valors més alts dels mascles, exceptuant el valor anòmal, l'individu 6 que caldria considerar si es pot tractar d'un espècimen salvatge o un animal amb nivells d'estrès físic elevat.

Pel que fa a les falanges de l'extremitat posterior (Figura 56), la dispersió de les mesures lineials permet apreciar la presència de dos mascles (19 i 20) altres de talla relativament més elevada que els altres tres mascles. En el cas de les femelles, els exemplars 5 i 13 aparenten més robustesa que les altres dues.

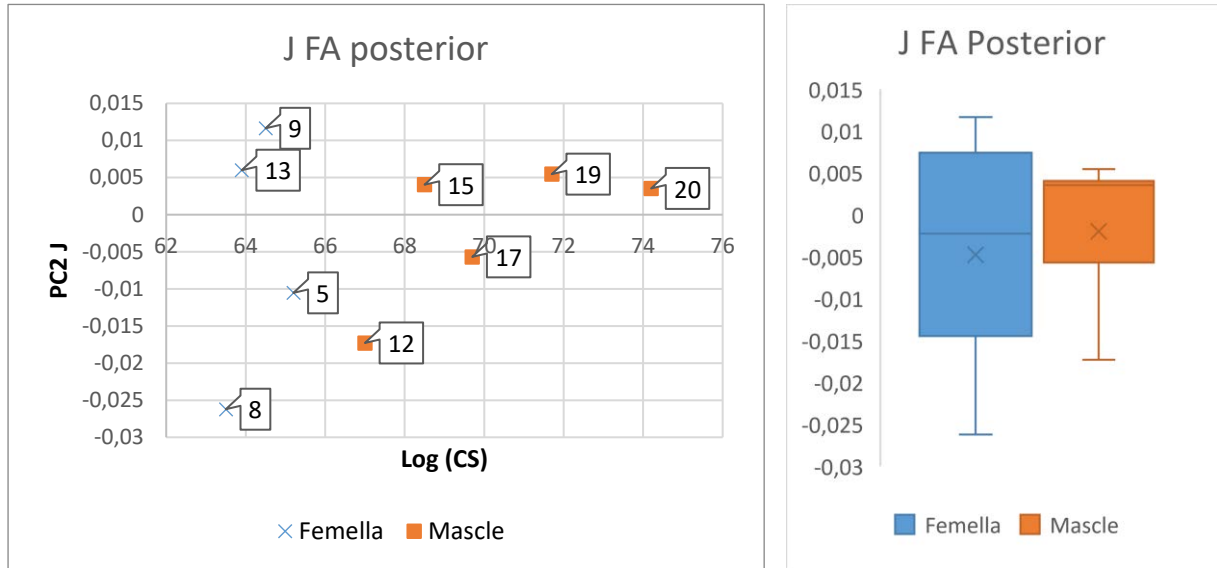
La correlació entre l'àrea de la cortical i de l'àrea de la secció (Figura 58) reflecteix que malgrat la variabilitat en l'àrea de la secció, l'àrea de la massa cortical es manté, en general entorn a dos valors,  $147 \text{ mm}^2$  i  $191 \text{ mm}^2$ , independentment de si es tracta d'un bou o una vaca, si bé més mascles componen el grup amb major quantitat de massa cortical i a l'inrevés. En proporció, els mascles tenen més massa cortical que les femelles, si bé aquesta diferència no és significativa ( $p=0.5369$ ) i, de fet, l'exemplar amb una quantitat relativa de massa cortical més elevada és una femella (13).



**Figura 59** Dispersió dels valors obtinguts per al moment de l'àrea anteroposterior i mediolateral de la falange anterior, a l'esquerra. A la dreta, variabilitat en la quantitat relativa de massa cortical comparada entre mascles i femelles

La dispersió dels valors del moment de l'àrea (Figura 59) reflecteix que els exemplars amb l'àrea de la cortical més gran, tenen també els moments més alts. Els valors de circularitat (Figura 59) indiquen, però, que no hi ha diferències entre mascles i femelles en relació a la direccionalitat de les forces rebudes per l'os.

La reducció de l'alometria en els valors obtinguts per a J s'ha realitzat a partir de l'ACP dels valors loagrítimics de J i el Centroid Size, obtingut a partir de la superimposició del perímetre del periosti. L'ACP concentra el 98.335% de la variança en el primer eix, de manera que el segon eix representa els valors de J sense l'efecte de la mida. Malgrat que els mascles presenten una mitjana més alta que les femelles (-0.0019 vers -0.0047), la diferència no és significativa ( $p=0.8065$ ). En tot cas, cal dir que les femelles presenten un rang de valors per a J més elevat



**Figura 60 Resistència a la torsió de la falange posterior en relació a la mida, a l'esquerra. A la dreta, variabilitat en la resistència la torsió entre mascles i femelles.**

que els mascles ( $CV=0.292\%$  per les femelles i  $CV= 0.0925\%$  per als mascles).

La reducció de l'alometria en els valors obtinguts per a J s'ha realitzat a partir de l'ACP dels valors loagrítimics de J i el Centroid Size, obtingut a partir de la superimposició del perímetre del periosti. L'ACP concentra el 98.335% de la variança en el primer eix, de manera que el segon eix representa els valors de J sense l'efecte de la mida. Malgrat que els mascles presenten una mitjana més alta que les femelles (-0.0019 vers -0.0047), la diferència no és significativa ( $p=0.8065$ ). En tot cas, cal dir que les femelles presenten un rang de valors per a J més elevat que els mascles ( $CV=0.292\%$  per les femelles i  $CV= 0.0925\%$  per als mascles).

Malgrat les diferències de talla patents tant en les falanges anteriors com posteriors, no s'aprecien diferències significatives en les càrregues axials relatives rebudes per mascles o femelles i, de fet, tampoc en relació als dos exemplars proposats com a castrats. Tant en les falanges anteriors com les posteriors, el moment anteroposterior té un major pes relatiu que el moment mediolateral. En el cas de les falanges posteriors, mascles i femelles exhibeixen una distribució de la massa cortical similar. En canvi, per a les falanges anteriors, s'aprecia una major variabilitat en el cas de les femelles, a la vegada que els dos castrats es concentren en valors propers a 1. Cal destacar el valor anormal de l'espècimen 6, un mascle, en el que el moment mediolateral té, en relació amb el la resta de valors obtinguts, molta més rellevància que el moment anteroposterior. Pel que fa al moment polar de l'àrea, no s'aprecien diferències significatives entre mascles i femelles en la falange posterior. A la falange anterior, en canvi, el moment polar de l'àrea de les femelles és més elevat que el dels mascles, tant els castrats com els que no, amb l'excepció de l'exemplar 6.

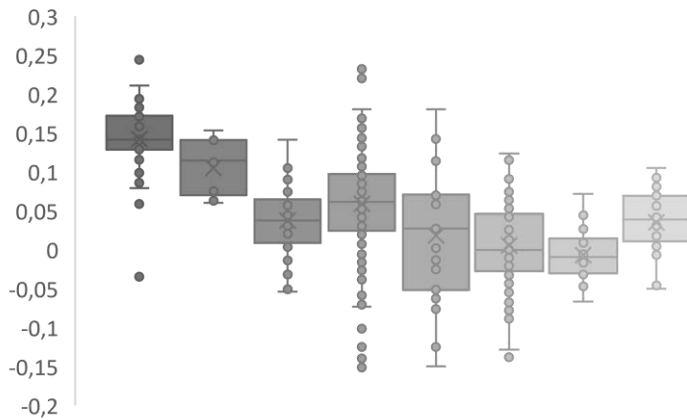
Si ens fixem en la superfície del teixit cortical, el manteniment de proporcions similars entre els diferents individus és indicatiu d'una població bastant homogènia. En aquest sentit, la resistència a les càrregues axials es manté proporcional a la mida, és a dir, augmenta la superfície cortical en la mesura en que augmenta l'àrea de la secció. En el cas que algun d'aquests animals estigui sent utilitzat per carregar algun tipus de pes, no sembla, per ara, un factor que es reflecteixi de forma significativa en la superfície de la massa cortical. En canvi, el moment de l'àrea sí que permet observar algunes característiques concretes. Així, s'ha destacat el fet que un dels individus presenti una major importància del moment mediolateral. Si bé no és l'únic cas, doncs alguna de les femelles també presenta un comportament similar, és l'únic que escapa als valors centrals del seu grup. Se li afegeix que, si ens fixem en el valor del moment polar de l'àrea (que, recordem, s'ha avaluat minimitzant l'efecte de la mida sobre el valor observat), és aquest mateix exemplar el que presenta la major resistència als esforços de torsió. Si bé és difícil aventurar que aquest animal està desenvolupant algun tipus de tasca concreta, sembla clar que té uns hàbits de mobilitat diferents als de la resta. Coincideix, a més, en que es tracta d'un dels espècimens més grans d'entre les falanges anteriors analitzades, només per sota de les dos falanges identificades com pertanyents a un castrat. En aquest sentit, cal posar de manifest que tant l'espècimen 10 com el 14 no reflecteixen uns hàbits de mobilitat diferents dels de la resta. Ans al contrari, s'hi integren a la perfecció i cal tenir en compte que pel que fa a la seva resistència a la torsió, no presenten valors gaire diferents dels mascles.

D'altra banda, el que destaca és la major J documentada en les primeres falanges anteriors de les femelles, que podria indicar una càrrega més variable de les extremitats anteriors de les vaques. En general, i tenint en compte que la mostra seleccionada també podria afectar la composició dels resultats, sembla que les falanges anteriors són més susceptibles de reflectir canvis en les càrregues rebudes per l'animal.

#### 5.4.1.2. La ramaderia de *Bos taurus* al jaciment de cova de les Pixarelles: trets biomecànics

El conjunt de restes de fauna del nivell XXII del jaciment de la Cova de les Pixarelles, datat del Neolític mig, fou recuperat durant diverses intervencions arqueològiques realitzades els anys 2016, 2017 i 2019. Les restes analitzades fins al moment corresponen a les recuperades durant la primera d'aquestes intervencions i està formada per un total de 456 restes de fauna. D'aquestes, un total de 292 s'ha pogut identificar com a *Bos taurus*, fet que suposa un 80% de les espècies identificades, que inclou les 4 principals espècies domèstiques. Cal afegir que malgrat que una bona part del conjunt resta per analitzar en profunditat, la vista preliminar de les restes corresponents a les intervencions de 2017 i 2019 sembla indicar la continuïtat d'aquest tendència. En aquest sentit, la proporció de bous documentada es tracta d'un cas que podríem considerar únic a tota la península ibèrica durant el neolític, on només els nivells del neolític antic de la Dou o la Renke (Altuna 2001), s'aproximen a aquests nivells de representació. Cal tenir en compte a més, que totes les restes recuperades fins ara provenen d'un espai de 6m<sup>2</sup>, amb uns 50 cm de potència com a màxim. Es tracta, doncs d'una concentració de restes òssies molt important.

En relació a la variabilitat anatòmica, els elements més representats es corresponen amb alguns dels més abundants en l'esquelet, costelles i dents. La ponderació dels resultats, però, posa de relleu l'alta representació dels elements esquelètics de les extremitats anteriors i posteriors. La presència dels húmer, radi i ulna, i pelvis, fèmur i tibia és recurrent, fet que indica una clara selecció de les porcions esquelètiques amb major aportació de carn. Així mateix, s'observa una



**Figura 61 Variabilitat en la mida de les poblacions de bous del nord-est peninsular. D'esquerra a dreta Castillejos i cueva de Chaves (*Bos primigenius*), cueva de Chaves, la Draga, Cova del Frare, Reina Amàlia, Sant Pau del Camp i Pixarelles. Mod. de Antolín et al. 2014)**

fracturació sistemàtica d'aquest mateix ossos llargs, que es podria vincular a l'extracció de la medulla. Alternativament, les costelles presenten un índex de fracturació baix. Cal afegir que, per ara, no s'ha pogut identificar traces de descarnament evidents, però tot sembla indicar una estratègia d'explotació intensiva focalitzada en l'aprofitament dels productes *post mortem* que ofereix aquest animal. En aquest sentit, cal destacar l'escassa presència de fragments de banya, que podria indicar l'ús alternatiu

d'aquest element fora del context del jaciment. És difícil, per ara, confirmar el sacrifici i processat inicial de l'animal in situ o si, en canvi, aquestes activitats es realitzarien en un punt alternatiu fora de la cova (si bé possiblement proper) i les peces de carn seleccionades es transportarien allà *a posteriori*. De totes maneres, cal afegir que malgrat l'aparent composició carbonosa del sediment que conforma el nivell XXII, només 7 fragments ossis de bou (9 tenint en compte les altres espècies) presenten algun tipus d'alteració tèrmica. D'altra banda s'ha considerat igualment la hipòtesi de l'estabulació dels animals a la cova. Els anàlisis sedimentaris en curs probablement aportin més dades al respecte. Per ara, es tracta d'una possibilitat a tenir en compte, si bé cal imaginar una orografia diferent a l'actual, doncs les característiques d'accés actuals a la Cova de les Pixarelles no són gaire favorables a que un ramat de bous hi pugui accedir.

A partir del nombre de restes identificades s'ha pogut definir fins a un mínim de 7 individus de bou utilitzant la repetició d'elements ossis, tenint en compte el fragment conservat i el seu estadi de fusió. En el cas dels bous, es tracta d'una població relativament jove, sense que cap dels espècimens sobrevisqués més enllà dels 4 anys. Així, s'ha pogut identificar un individu amb una edat compresa entre 1 i 12 mesos d'edat, 2 individus entre 10 i 12 mesos, 2 entre 12 i 18 i 2 d'entre 42 i 48 mesos.

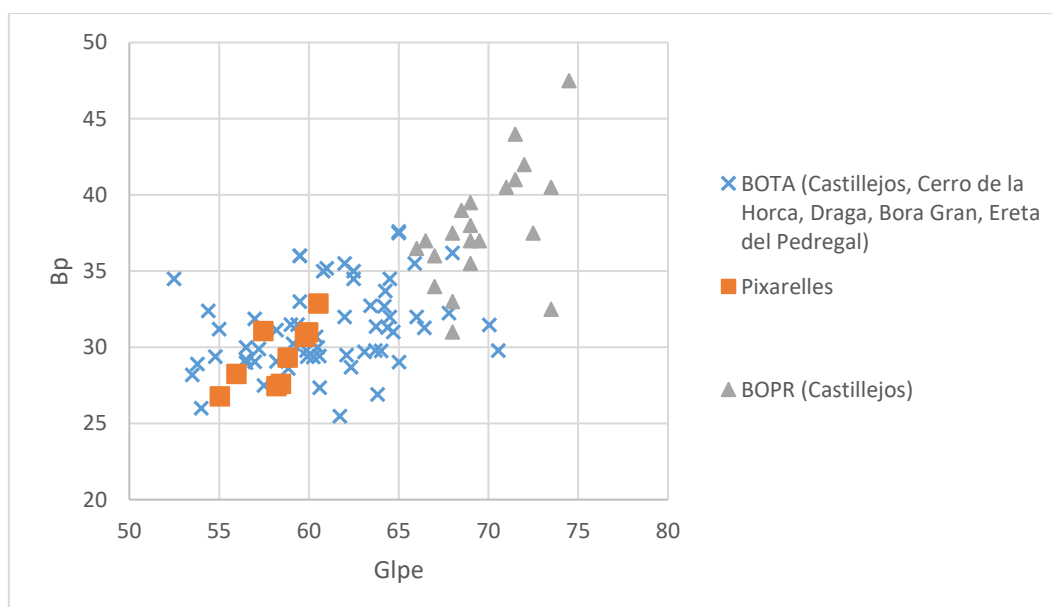
Per tal d'avaluar si els possibles usos de *Bos taurus* a la cova de les Pixarelles queden reflectits en la microestructura dels ossos del bovins s'ha seleccionat una mostra total de 10 primeres falanges composta per 4 falanges primeres pertanyents a les extremitats anteriors i 6 falanges primeres pertanyents a les extremitats posteriors. S'ha seleccionat únicament falanges

fusionades i íntegres, sense evidències d'haver estat termoalterades i per a les quals s'hagués confirmat el seu estatus domèstic amb anterioritat (Saña 2011; Navarrete 2016). A fi de valorar també com afecten les alteracions òssies sobre la caracterització biomecànica dels elements afectats s'ha volgut incloure una mostra, la 969, afectada per una exostosi greu.

Pel que fa a la talla general dels exemplars de *Bos taurus* representats de la cova de les Pixarelles, es pot apreciar que els animals documentats són de talla similar als bous domèstics documentats en jaciments en cova del neolític antic com Cueva de Chaves o Cova del Frare, si bé a nivell de variabilitat és una població molt més homogènia.

Per tal de confirmar l'estatus domèstic dels bovins i validar aquesta composició teòrica del ramat, es presenta la dispersió de les mesures obtingudes a partir de les falanges recuperades al jaciment. S'ha pogut comparar la mida dels exemplars de la Cova de les Pixarelles amb un grup de control de *Bos primigenius* provinent del jaciment de Castillejos i amb un grup de control de *Bos taurus* conformat a partir dels jaciments de la Draga, Castillejos, Bora Gran d'en Carreras, Ereta del Pedregal i Cerro de la Horca, fet que permet reflectir amb prou fiabilitat la variabilitat d'aquesta espècie durant el neolític. La comparació s'ha realitzat a partir de les mesures de llargada total (Glpe) i l'amplada de l'epífisi proximal (Bp), obtingudes segons els criteris definits per von den Driesch (1976).

La dispersió de les dades (Figura 62) posa de manifest la superposició dels exemplars de la Cova de les Pixarelles ( $m(Glpe)=58.26$ ;  $CV=3.3$ ) amb els del grup de bous domèstics ( $m(Glpe)=61.02$ ;  $CV=16.94$ ), si bé amb una mitjana inferior i molta menys variabilitat. Al mateix temps, els bous representats al jaciment de cova de les Pixarelles queden perfectament separats del rang definit pels urs de Castillejos ( $m(Glpe)=69.73$ ;  $CV=6.19$ )

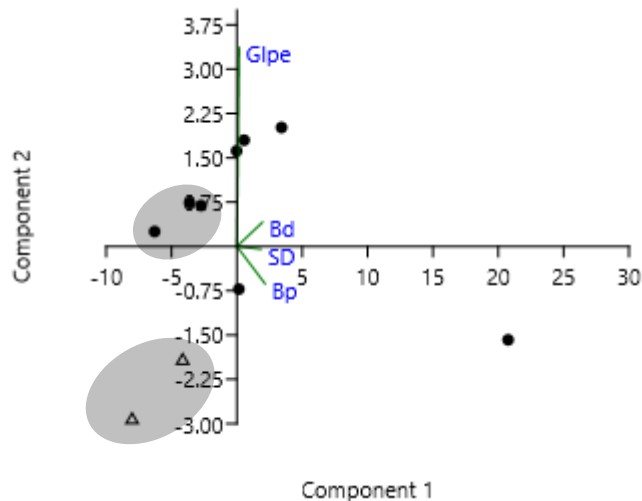


**Figura 62** Dispersió de les mesures de les falanges en relació a un grup de referència de *Bos Primigenius* de Castillejos i de *Bos taurus* de Castillejos, Cerro de la Horca, la Draga, Bora Gran, Ereta del Pedregal

A més de l'evidència biomètrica, la condició domèstica de la població de Pixarelles es veu reforçada per l'anàlisi de l'ADN mitocondrial realitzat sobre 10 mostres òssies recuperades al

jaciment. L'anàlisi està encara pendent de publicació i les restes han estat analitzades per la Dra. Eva-maria Geigl, de l'Institut Jacques Monod (Paris) (Guimaraes et al. *En preparació*)

L'estudi de les mostres es va focalitzar en l'anàlisi de la regió hipervariable, amb 33 nucleòtids polimòrfics únics (SNPs) del genoma mitocondrial dels bovins. Les dades obtingudes per als nivells del Neolític mig de Pixarelles indiquen que el llinatge dels bous analitzats es correspon amb el grup T3, originat a Anatòlia i que predomina al nord-est de la península ibèrica durant



**Figura 63 Anàlisi de component principal de les mesures de la falange, Glpe, Bd, SD i Bp**

el neolític inicial en jaciments com el de la Draga. En tot cas, el ramat de Pixarelles destaca sobre les poblacions bovines analitzades fins ara per la presència de fins a dos SNPs suplementaris (T3+1 i T3+2), fet que podria indicar una tendència cap a l'augment de la variabilitat genètica de les poblacions de bovins entre el neolític inicial i el neolític mig. O com a mínim una clara major variabilitat genètica en el cas de les Pixarelles (Eva-Maria Geigl, comunicació personal).

Pel que fa a la composició del ramat, s'ha realitzat un *mixture analysis* a partir del valor logarítmic de les mesures lineals preses sobre els elements fusionats que indica una població normalitzada, si bé s'observen 5 restes que corresponen a individus de talla significativament més petita, que correspondrien, molt probablement a femelles. Aquest fet indica que el ramat de bous de la Cova de les Pixarelles probablement està format per una majoria de mascles.

La mostra de falanges seleccionada s'ha diferenciat entre anterior i posterior a partir dels criteris morfològics definits per (Dottrens 1946). De la mateixa manera, els criteris definits per Dottrens han permès una separació preliminar segons el sexe de l'animal. Addicionalment, la distribució de valors observada en l'ACP realitzat a partir de Glpe, Bp, SD i Bd reforça la separació entre falanges anteriors i posteriors realitzada Quatre de les falanges són anteriors i sis són posteriors.

El número baix de mostres dificulta l'aplicació efectiva del *mixture analysis*. En tot cas, l'ACP exhibeix una separació dels valors prou clara i en base a aquesta i a la identificació feta prèviament segons els criteris de Dottrens (1946) s'identifiquen les falanges segons el sexe de l'animal.

L'anàlisi arqueozoològica del conjunt va permetre observar que les restes de bou de la Cova de les Pixarelles presentaven un número important d'afectacions patològiques que va fer necessari prendre en consideració l'estat de salut dels bous de Pixarelles. L'estudi exhaustiu d'aquestes afectacions patològiques s'ha desenvolupat en un treball de màster recent (Tonda 2019), a partir del conjunt de restes recuperat durant la intervenció de l'any 2016. Els resultats d'aquest estudi indiquen que un 10% de les restes determinades (NR=31) presenten algun tipus d'afectació



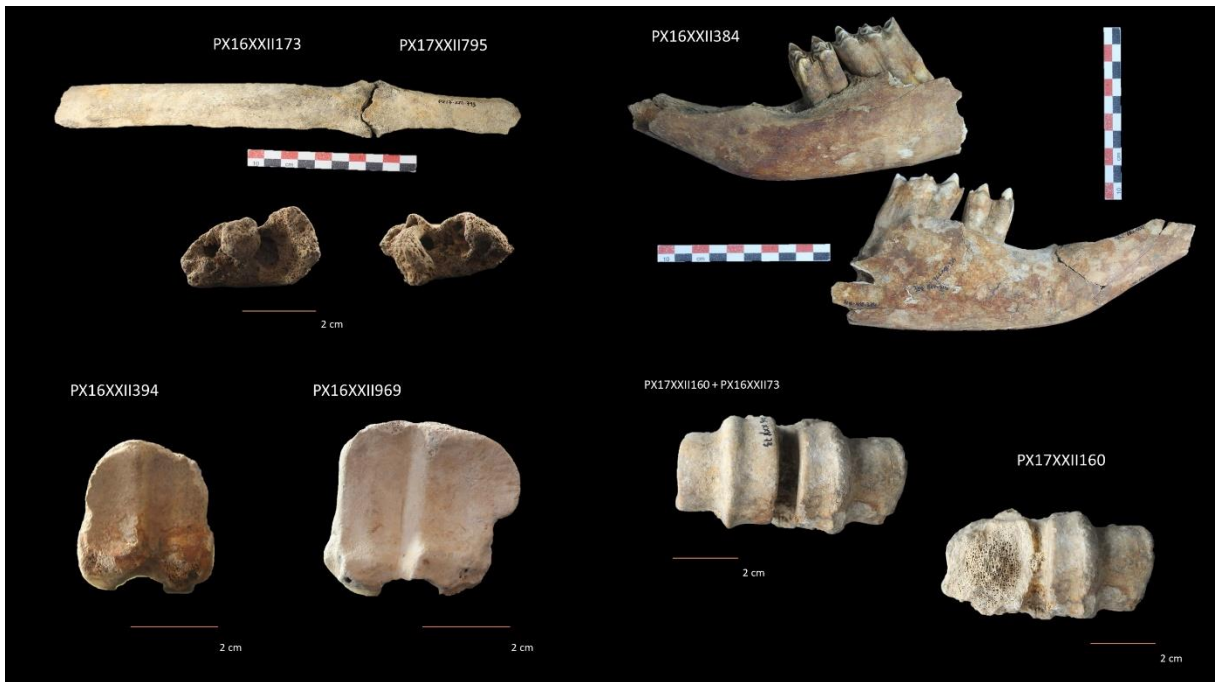
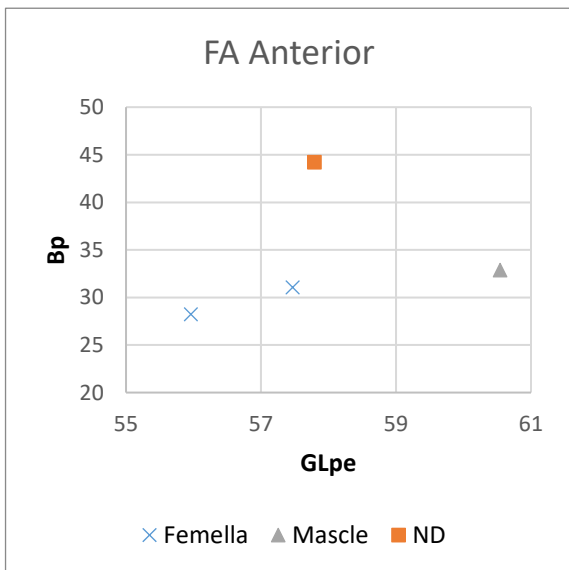


Figura 64 Mostra de les patologies documentades a la cova de les Pixarelles. A dalt, evidències de supervivència a traumatismes diversos. A sota, lipping i aixamplament de la tròclea.

òssia. Les afectacions es documenten especialment en les falanges (NR=11) i les costelles (NR=12), però també en metàpodes (NR=3), radis (NR=2), talus (NR=2) i mandíbula (NR=1) en percentatges menors. Així, la majoria d'afectacions es concentren en la part distal de les extremitats i al tronc.

D'entre les afectacions documentades, el *lipping*, l'exostosi i l'extensió de la tròclea medial dels metàpodes estan vinculades al sobre esforç de l'animal i habitualment considerades com bons indicadors de l'ús dels animals com a força de treball. Així mateix, la presència de

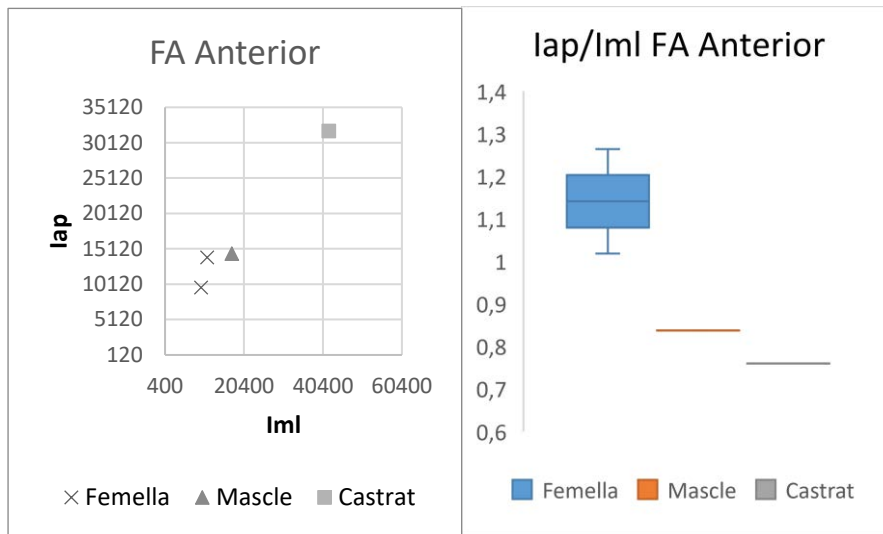


traumatismes curats o en procés de curació indiquen una certa accidentalitat en la vida de la població de bous, si bé la supervivència dels individus més enllà del moment del traumatisme (permetent-ne la cura parcial o total), dona suport a una certa atenció pel benestar i supervivència dels animals. Així mateix es documenta la presència d'una afectació patològica en forma de porositat a la superfície cortical del tal·lus que, en casos arqueològics, s'ha vinculat a la limitació del moviment dels animals (Zimmerman et al. 2018; Ruiz 2019; Tonda 2019).

En aquest sentit, cal preguntar-nos quines i com són les pautes habituals de mobilitat d'aquests bous per traduir-se en la tipologia d'alteracions en l'os documentades. A tal fi, s'ha volgut caracteritzar la mobilitat dels bous de la Cova de les Pixarelles a partir d'una mostra de primeres falanges. La integritat d'aquest os el fa un bon



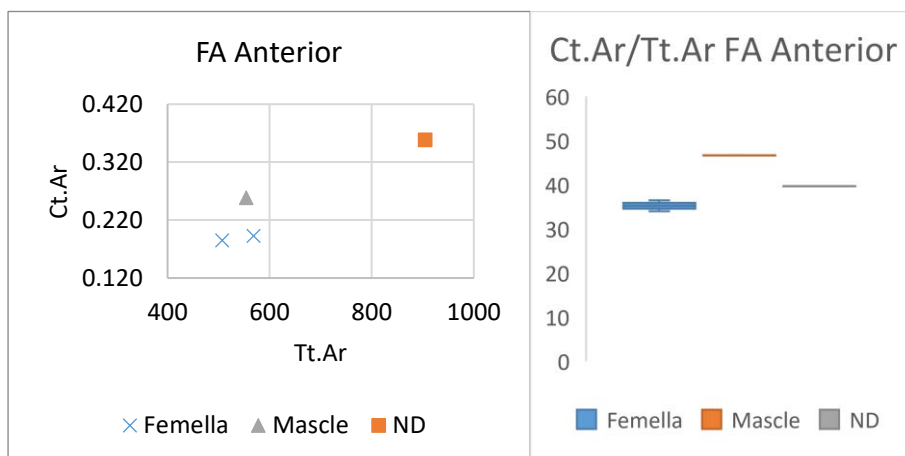
candidat per l'anàlisi de les seves propietats mecàniques. Així mateix, la seva localització en l'esquelet les converteix en un element essencial de suport i estabilitat de l'animal, fet que el pot fer més propens a patir els efectes del terreny.



**Figura 65** Dispersió dels valors del moment de l'àrea, a l'esquerra, i quantitat relativa de massa cortical de les falanges anteriors

En el cas de les falanges anteriors s'ha volgut incloure una falange amb evidències d'exostosi greus per tal d'observar com es comportava en relació a les altres falanges a l'hora de calcular-ne les propietats mecàniques. En tot cas, és previsible la situació que es pot observar al gràfic de dispersió, on

la falange alterada s'evidencia més gran que la resta. En aquest sentit el mascle i les femelles es poden identificar amb facilitat en base a la seva mida. En relació a la secció transversal, sense incloure el valor patològic, el valor de l'àrea cortical planteja una major variació (CV=1631.12) que l'àrea total (CV=1046.33) fet que podria indicar càrregues superiors per a individus de mida similar, en aquest cas, el mascle 102. Aquest fet es reflecteix en la quantitat relativa de massa cortical (Figura 64), amb percentatges més baixos per a les femelles (m=35) i més elevats per aquest cas concret (m=47), mentre la falange amb exostosis presenta la major superfície de cortical registrada i una quantitat relativa entre les dues mitjanes de bous i femelles. La quantitat relativa de massa cortical indica que tant la falange del mascle com la patològica s'haurien adaptat per suportar càrregues axials proporcionalment més pesades.



**Figura 66** Dispersió de les dades de la Ct.Ar i Tt.Ar de les falanges anteriors i quantitat relativa de massa cortical (a la dreta).

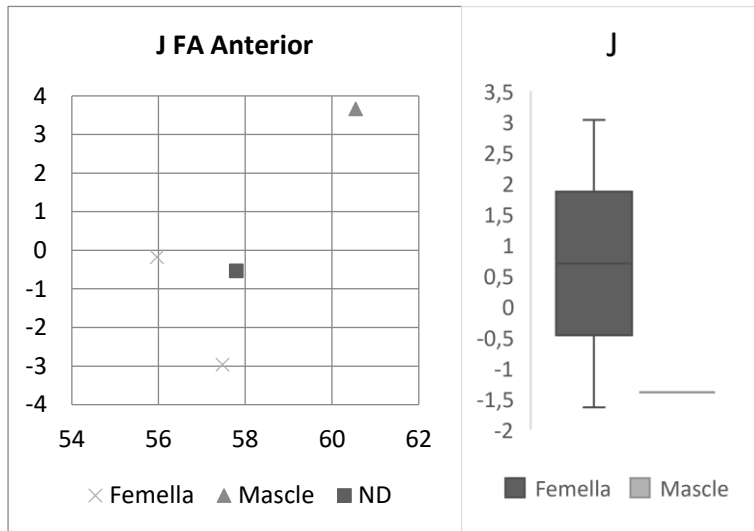
Pel que fa als valors obtinguts per al moment de l'àrea (Figura 66), la falange amb exostosi presenta els valors més elevats, i, si bé no sembla desviar-se de la línia de regressió

( $r=0.98651$ ), aquest fet podria ser degut al baix número de

mostres. La distribució de la massa cortical al voltant de l'eix principal de l'os ens indica una

disposició diferent per als mascles que per a les femelles. En aquest sentit, els moment de l'àrea de les femelles evidencien una inclinació més favorable al moment anteroposterior, amb una mitjana d' $1,14 \pm 0,12$ . Tant el mascle, com l'exemplar patològic encara més, presenten un moment mediolateral més important.

La reducció de l'alometria en J ha permès posar de manifest que les femelles presenten valors proporcionalment més grans que el mascle. S'ha pogut observar que la mostra patològica podia

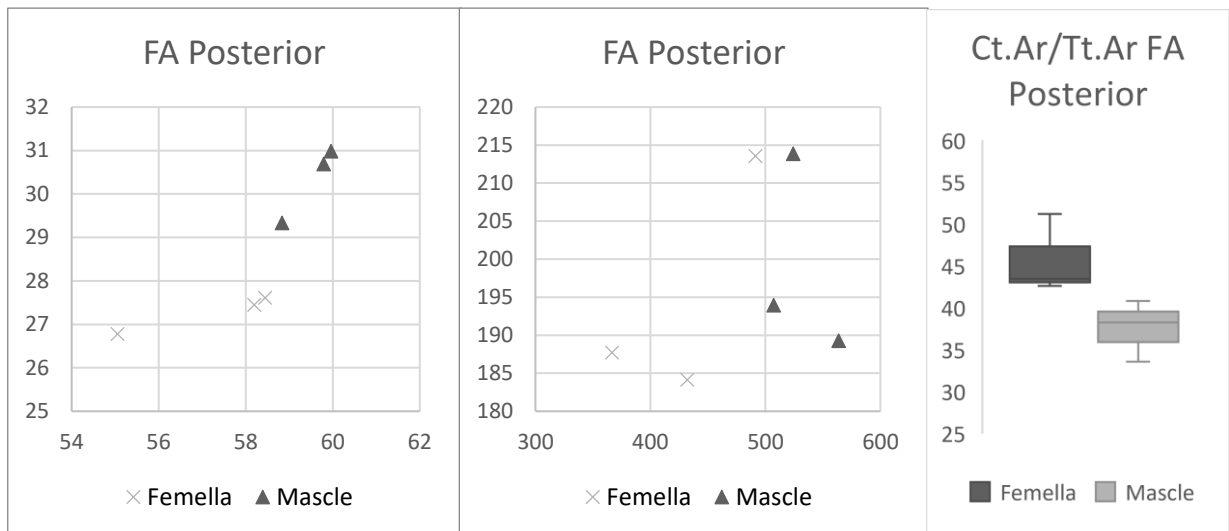


**Figura 67** Valors de J en relació a la mida , a l'esquerra. A la dreta, gràfic de caixes i bigotis amb la variabilitat de J en femelles i mascles

causar algun tipus de deformació en el procediment i s'ha repetit l'anàlisi. El gràfic de dispersió presenta els resultats amb la falange patològica i el *boxplot* només amb les falanges no alterades. Val a dir, que si bé la falange patològica, que presentaria valors elevats en la línia de les falanges, sí que sembla causa una mica de distorsió, la repetició de l'anàlisi confirma aquestes relatives diferències entre mascles i femelles, amb el mascle presentant valors elevats de

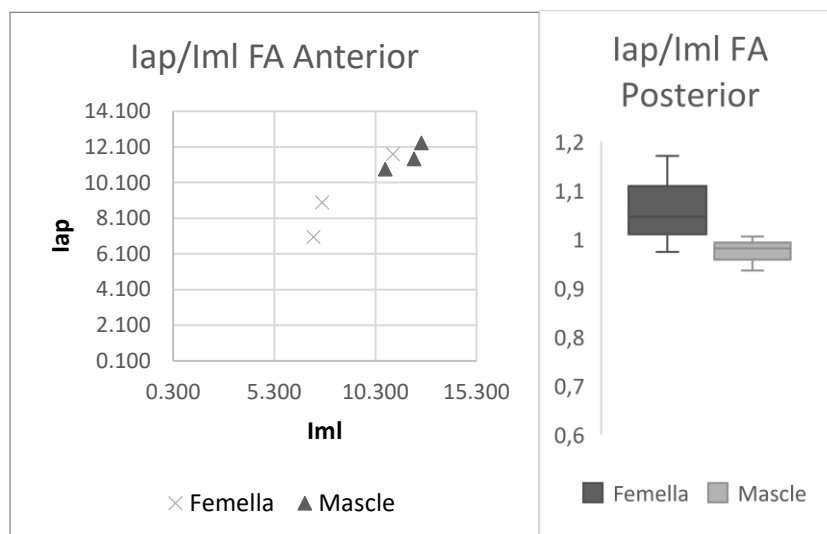
moment de torsió.

En les falanges posteriors podem apreciar el dimorfisme sexual de l'espècie, de forma especialment clara per als valors posicionats al límit de la variabilitat, la femella 874 i els dos mascles, 1055 i 394.



**Figura 68 Falange posterior. Dispersió de les mesures lineals Glpe i Bp ( a l'esquerra). Dispersió de les valors de Ct.Ar i Tt.Ar (al mig). Variabilitat en la quantitat relativa de massa cortical entre mascles i femelles de Pixarelles**

La superfície de massa cortical registrada en les falanges posteriors evidencia la presència de valors similars de cortical en individus de la mateixa mida, agrupant-se entorn dels 215 mm<sup>2</sup> i els 190mm<sup>2</sup>, fet que podria reflectir una diferència en les càrregues suportades. En tot cas, la quantitat relativa de massa cortical és significativament més alta en les femelles.

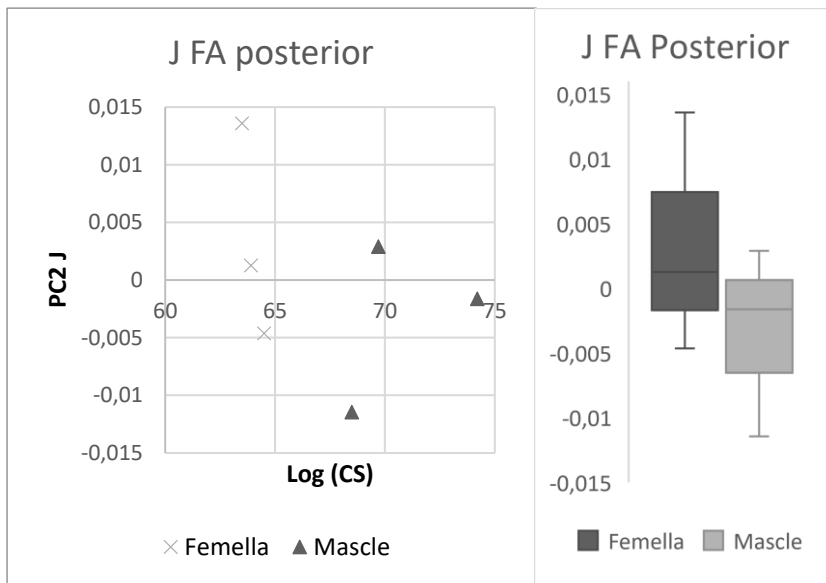


**Figura 69 Dispersió dels valors del moment de l'àrea, a l'esquerra, i variabilitat de la distribució de la massa cortical., a la dreta.**

En relació a la resistència a als esforços de flexió, els mascles i la femella 42 presenten els valors més alts. Els mascles es caracteritzen també per una major importància del moment anteroposterior, amb una mitjana per sota d'1 ( $m=0.97$ ) i menor variança (0.001 enfront del 0.01 de les vaques).

El càlcul del moment polar de l'àrea posa de relleu els valors més elevats de les femelles. Si bé la diferència entre uns i altres no es significativa (Figura 69).

La caracterització biomecànica de les falanges de la Cova de les Pixarelles ha posat de manifest un seguit de diferències entre les restes associades a mascles i les associades a femelles. Aquestes diferències són sobretot significatives en el cas del valor de la massa cortical, on les femelles en presenten una quantitat relativa significativament més elevada. Destaca també, un cop reduït l'efecte de l'alometria sobre les dades, com les femelles serien més resistents als esforços de torsió que els mascles, a la vegada que tenen una mobilitat més encarada cap a l'eix anteroposterior.



**Figura 70 Resistència a les forces de torsió en relació a la mida, a l'esquerra. A la dreta, variabilitat entre mascles i femelles.**

Destaca, en tot cas, la falange anterior de mascle, amb una quantitat relativa de massa cortical elevada considerant que es tracta d'un animal de talla relativament gran dintre del conjunt. Presenta però un moment polar de l'àrea baix després de minimitzar l'efecte de la mida. En comparació amb la resta del conjunt de Pixarelles, la falange 102 sembla correspondre a un individu que podria estar acostumat a carregar un pes important,

més enllà del que considerariem el seu pes normal i relativament poc actiu.

#### 5.4.1.3. Trets biomecànics diferencials lligats a l'ús i explotació dels bovins durant el neolític: medi versus acció antròpica.

Si bé hem pogut apreciar algunes diferències entre els individus que componen la mostra seleccionada de la Draga i de la cova de les Pixarelles, és complex traslladar aquestes diferències a patrons de mobilitat o usos productius concrets sense tenir en compte tantes variables com sigui possible. En aquest sentit, aquests dos jaciments ofereix un marc espacial de contrast que facilita el posicionament d'activitats diverses. De contrast en el sentit en que la Draga és, per dir-ho d'alguna manera, el màxim exponent del poblat a l'aire lliure d'inicis del neolític al nord-est peninsular. Es tracta d'un jaciment on es desenvolupen pràctiques ramaderes i agrícoles consolidades i complementàries, tal com s'ha evidenciat a partir de múltiples línies d'anàlisi (Piqué et al 2005; Tarrús 2008; Bosch et al 2000; Buxó 2000; Saña 2008; Navarrete i Saña 2011; Antolín 2013; Antolín et al. 2014). A nivell espacial però, l'element característic de la Draga és l'estany de Banyoles. Aquest accident geogràfic defineix, en bona mesura, les característiques i possibilitats de l'entorn proper al poblat. En aquest sentit, els voltants del jaciment s'han pogut caracteritzar com un bosc dens de fulla caduca on, sota el predomini del roure i l'avellaner, també creixen freixes, verns, pollancre, oms, salzes, llorers, sanguinyol i saüc Pérez-Obiol i Julià, 1994; Burjachs 2000; Caruso-Fermé i Piqué 2014; Revelles et al 2016). D'altra banda, la pròpia proximitat a l'estany també defineix les característiques del terreny, que entre els llims del llac i l'humus generat a partir de la caiguda estacional de les fulles, hauria d'haver estat una zona rica en nutrients i tova.

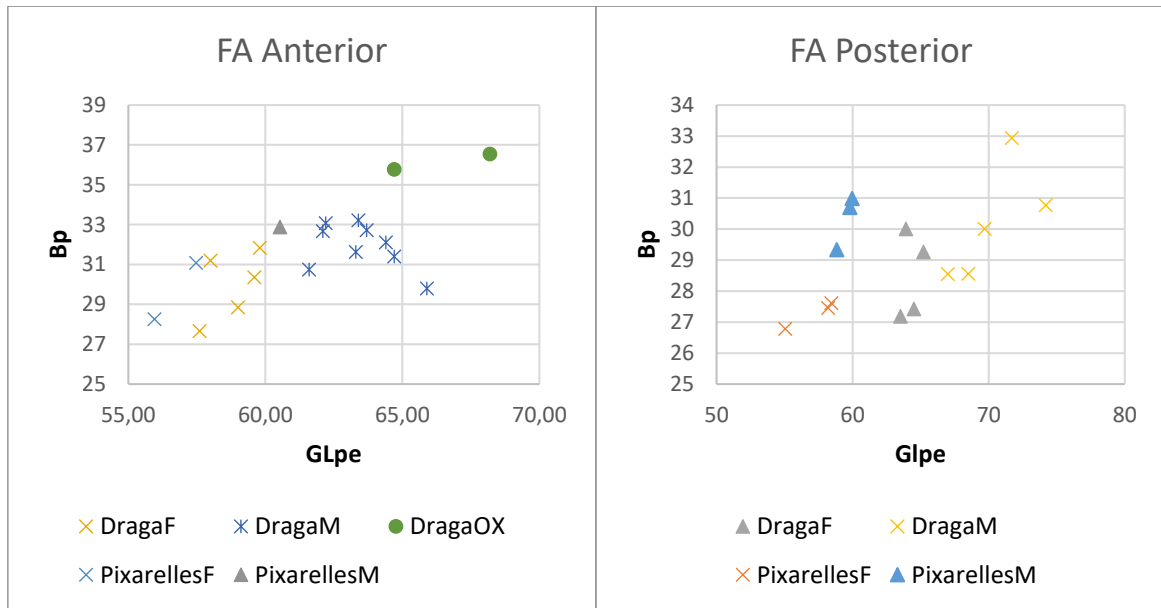
La cova de les Pixarelles a 670msnm, en canvi, representa el cas contrari. Si bé l'orografia completa del terreny costa d'imaginar a causa de la presència d'un embassament construït de

forma relativament recent que oculta tota la part baixa de la vall de Tavertet, els altiplans rocosos de vessants escarpades són l'element definidor clau de l'entorn que envolta la cova. És probable que l'accés a la cova fós diferent de l'actual, amb un terreny potser menys desbastat que l'actual, malgrat que l'entorn immediat i la zona geogràfica on s'ubica el jaciment, evidencien un terreny escarpat, no necessàriament desprovis de zones relativament planes o de pastura, però, en tot cas, definit per la duresa del terreny.

Val a dir, en tot cas, que ambdós jaciments gaudeixen d'un accés proper a recursos hídrics. La Draga amb l'estany, i la Cova de les Pixarelles amb el Balà o afluents. La diferència, possiblement, la marca el desnivell entre el jaciment i els possibles i necessaris llocs d'aprovisionament.

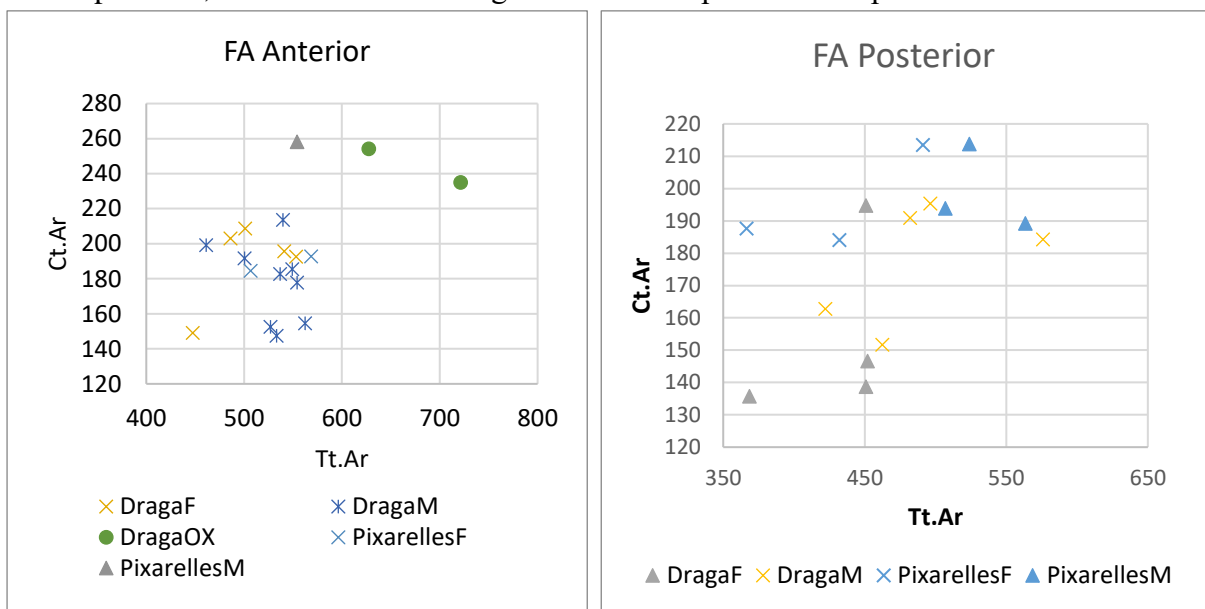
A partir de la comparació d'ambdós jaciments es pretén precisar en els efectes que les diferents configuracions geogràfiques d'ambdós jaciments té sobre la morfologia i característiques biomecàniques de les falanges dels bous. A partir de l'estudi de les propietats mecàniques de les falanges hem pogut observar una tendència general de les vaques a ser més actives que els bous, a la vegada que alguns individus concrets exhibeixen una combinació de propietats particulars, que afavoreix la interpretació del seu ús en activitats humanes. Però, en general, és complex determinar quanta de la variabilitat observada és inherent a la pròpia espècie, i quines de les particularitats observades són realment el producte de la gestió del ramat implementada o el seu ús com a força de treball. En aquest sentit, la superposició de les dues poblacions hauria de limitar i a la vegada definir, els comportaments que hauríem de considerar "naturals" en un ramat de bous, i en quin punt cal posar de manifest l'acció modeladora de les activitats humanes.

La comparació de la llargada de la falange amb l'amplada proximal evidencia que, en general, els exemplars de bou recuperats a la Cova de les Pixarelles són més curts que els de la Draga. Per posar-hi més èmfasi, la mitjana de Glpe de les falanges anteriors de Pixarelles és de 57.95 mm (variança 3.51), mentre que la de la Draga és de 62.39 mm (variança 8.89). De manera similar, en el cas de les falanges posteriors, la mitjana de Glpe a la Cova de les Pixarelles és de 57.62 (variança 2.89) i a la Draga és de 66.18 (variança 20.82). El test de Kruskal-Wallis confirma que aquesta diferència és significativa p 0.04 i p 0.01, respectivament. En poblacions de bous provinents de zones muntanyoses s'ha detectat una tendència a presentar ossos més curts i robustos.



**Figura 71 Comparació de la mida de les falanges anteriors, a l'esquerra, i les posteriors, a la dreta, analitzades de la Draga i Pixarelles**

Si ens fixem en la secció transversal realitzada observem que la superfície cortical en el cas de les falanges de la Cova de les Pixarelles (FAa,  $m=248.5$ ,  $CV=6397.66$ ; FAp,  $m=197.16$ ,  $CV=1801.16$ ) és en general, més gran que en el cas de la Draga (FAa,  $m=190.43$ ,  $CV=906.79$ ; FAp,  $m=166.88$ ,  $CV=602.36$ ), malgrat podem apreciar que la superfície total de la secció presenta valors similars. La superfície cortical indica la capacitat de l'os per suportar càrregues de compressió i, en el cas de les falanges anteriors s'aprecia una separació clara entre els dos

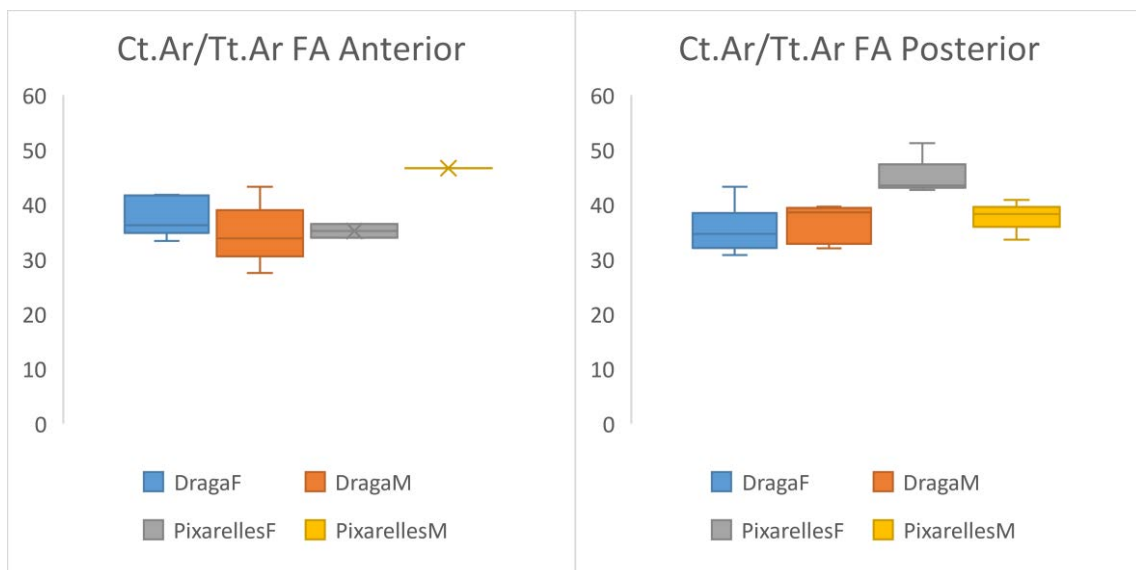


**Figura 72 Comparació de la dispersió dels valors de la Ct.Ar i Tt.Ar en les falanges anteriors i posteriors de la Draga i Pixarelles.**

espècimens castrats de la Draga i l'espècimen 102 de Pixarelles, amb una major superfície cortical, de la resta de la població. La falange patològica no representada al gràfic, rep una menció a part en aquest sentit, sent conscients que és la patologia la causant d'aquesta separació

en base tant a la superfície cortical com de la secció. En el cas de les falanges posteriors s'aprecia una separació similar, però que en aquest cas aïlla la població de Pixarelles, amb 4 espècimens de la Draga (Grup1  $m=147.15$ ,  $CV=111.3$  i Grup 2  $m=194.79$ ;  $CV=118.4$ ;  $p=0.00214$ )

Si valorem la superfície de massa cortical en relació a la superfície de la secció, obtenim l'índex de la quantitat relativa de massa cortical, que ens informa, minimitzant els efectes de la mida, de la quantitat de massa cortical. Sota aquesta premissa, els bous de Pixarelles presenten una major resistència a les càrregues axials per a mascles i femelles en el cas de la falange posterior i només en el cas de l'exemplar mascle per a les falanges anteriors. Així mateix, s'aprecia una certa diferència en els valors obtinguts per a les falanges anteriors i posteriors, tant en el cas de la Draga com en el de Pixarelles. La diferència entre ambdós falanges no és significativa (la Draga  $p=0.087$  i Pixarelles  $p=0.522$ ), si bé s'evidencia que en el cas de la Cova de les Pixarelles la diferència és més clara. El valor més per a les falanges anteriors corresponen al mascle PX102. Per al cas de la Draga, cal manifestar que els dos castrats presenten valors intermitjos (33% i 41%, que els situen en la part alta dels valors més baixos i en la part baixa dels valors alts respectivament). El valor més alt per a les falanges anteriors en el cas de la Draga correspon a un individu mascle, seguit per dues femelles. Pel que fa a les falanges posteriors de la Draga, el valor més elevat correspon a una femella, igual que a Pixarelles on, de fet, totes les falanges de femelles presenten valors superiors a la resta

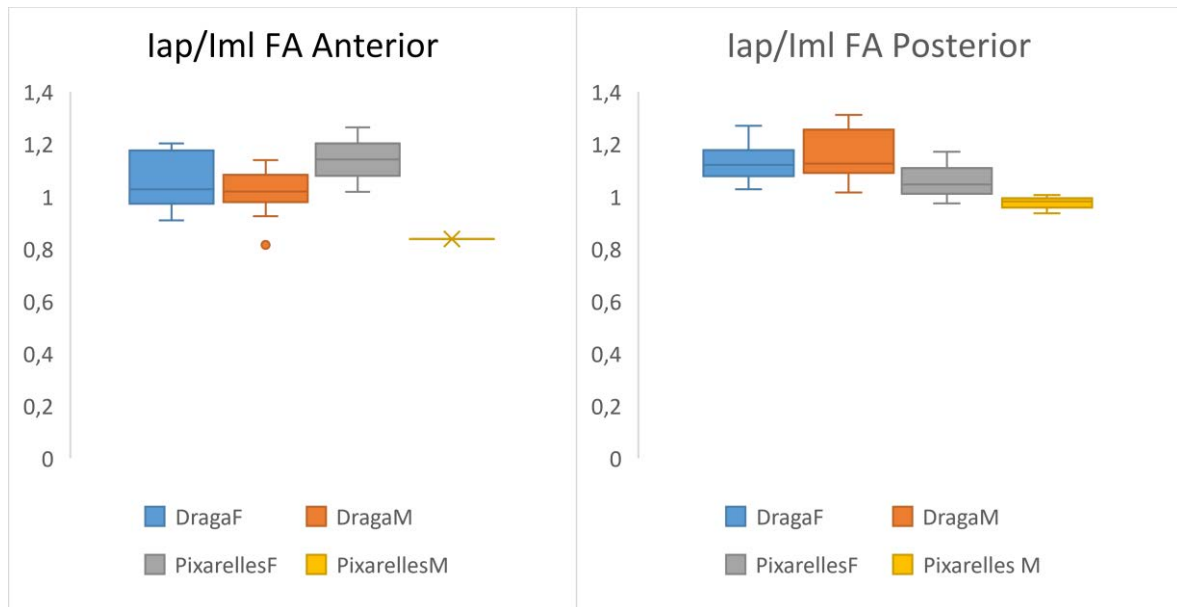


**Figura 73 Comparació de la quantitat relativa de massa cortical en les falanges anteriors i posteriors de mascles i femelles de la Draga i Pixarelles.**

D'altra banda, el moment de l'àrea ens indica la resistència de l'os a l'aplicació de forces de flexió en els eixos on es mesura. El càlcul de l'índex de circularitat a partir de moment anteroposterior i mediolateral ens indica els esforços als que la falange del bou s'ha hagut d'adaptar prenent com a referència l'eix natural de desplaçament de l'animal i reflectint la distribució de la massa cortical al voltant de l'eix principal de l'os. Tant a la Draga com a Pixarelles podem observar dues falanges anteriors identificades com mascles que es

desmarquen del patró general observat en la resta de població de bous, en els que predomina el moment anteroposterior.

La distribució de la massa cortical mostra una diferència significativa ( $p=0.02514$ ) entre el coeficient de circularitat de les falanges posteriors de la Draga i Pixarelles. Així, les falanges posteriors de Pixarelles tenen una distribució més equilibrada mentre que a la Draga, la component anteroposterior té més importància.



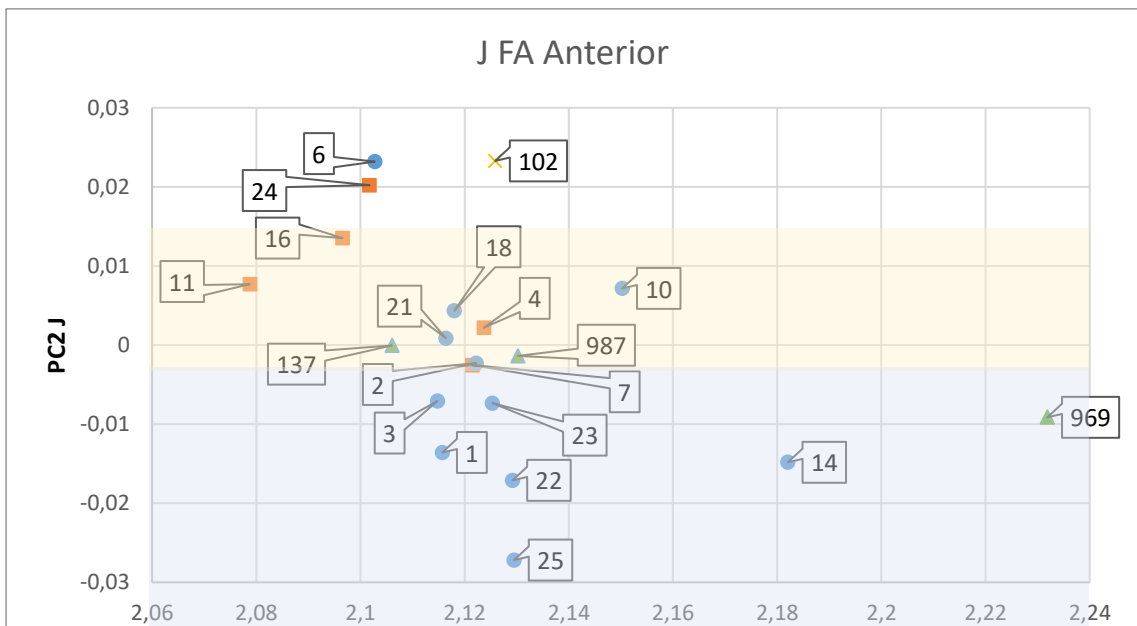
**Figura 74** Distribució de la massa cortical en les falanges anteriors i posteriors de mascles i femelles de la Draga i Pixarelles

Pel que fa a la resistència a la torsió, s'ha minimitzat els efectes de l'alometria dels espècimens utilitzant l'ACP del logaritme de J amb el logaritme del *Centroid Size* de la secció de la falange. El primer eix de l'ACP captura la major part de la variabilitat (99.219% a la Falange anterior i 98.409% a la falange posterior), mentre que el segon preserva les diferències que no són causades per la talla de l'animal. Els moment polar de l'àrea recull la resistència als esforços de torsió i flexió rebuts en la secció. En el cas de les falanges posteriors, l'aplicació de l'ACP ha invertit el signe dels valors, tal com s'ha pogut apreciar a partir de la posició relativa dels valors en la regressió lineal de J i *Centroid Size*. Per tal de facilitar la lectura mantenint l'ordre de valor de la magnitud J, s'ha invertit el signe dels valors del segon eix de l'ACP de J i del *Centroid size*.

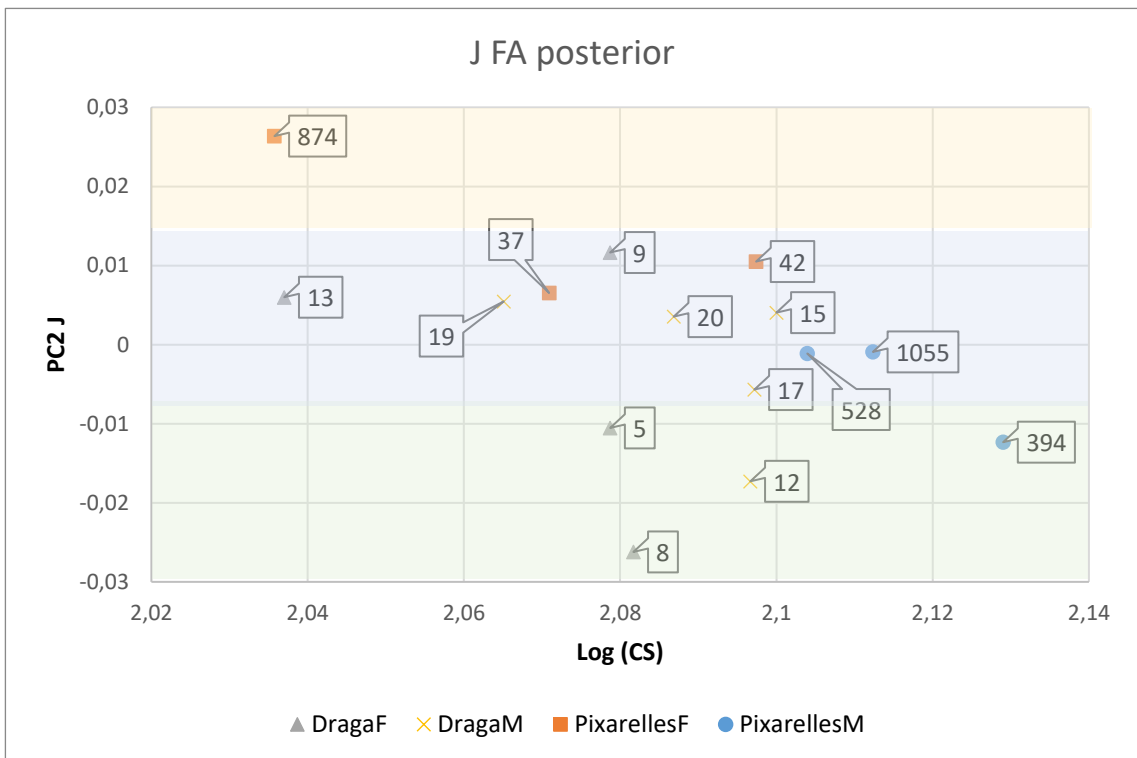
La mitjana i la variança del valors de J obtingut per a Pixarelles (FAa  $m=3.18$   $CV=195.69$ ; FAp  $m=4.83$   $cv=172.40$ ) expressen valors més alts que a la Draga (FAa  $m=-0.79$   $CV=187.008$ ; FAp  $m=-3.22$   $CV=158.22$ ). Tot i això, a partir del clustering analysis de J, podem apreciar com en el cas de les falanges anteriors els exemplars 6, 24 i 16 de la Draga i el 102 de Pixarelles s'agrupen de forma significativa com una població amb resistència a la torsió elevada. En el cas de les falanges posteriors conforma aquest grup l'exemplar 874 de Pixarelles. De la mateixa manera, es configura un grup central, que aglutina la major part dels exemplars d'ambdós



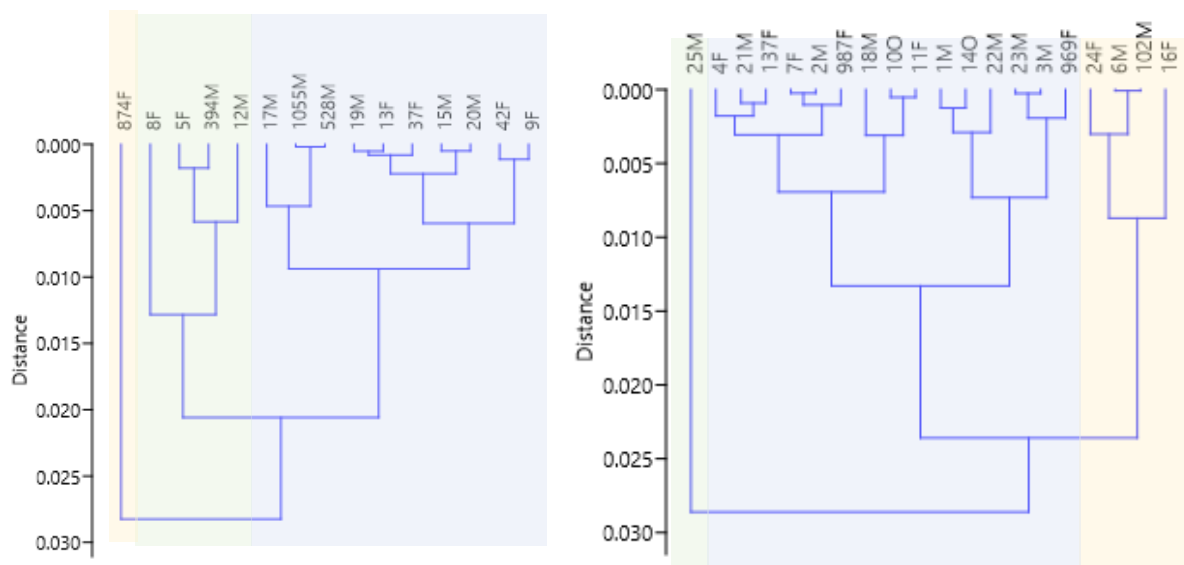
ramats i un grup amb valors baixos, que en el cas de les falanges posteriors només incorpora el mascle 25 de la Draga.



**Figura 75** Representació dels valors de J obtinguts després d'eliminar els efectes de mida per a les falanges anteriors per a mascles, femelles i castrats de la Draga i Pixarelles. Es ressalten les àrees significativament diferent a partir del clustering analysis de J



**Figura 76** Representació dels valors de J obtinguts després d'eliminar els efectes de mida per a les falanges posteriors per a mascles i femelles de la Draga i Pixarelles. Es ressalten les àrees significativament diferent a partir del clustering analysis de J



**Figura 77** A l'esquerra, clustering de J de les falanges anteriors de la Draga i Pixarelles. A la dreta, clustering analysis de les falanges posteriors de la Draga i Pixarelles.

Els resultats obtinguts a partir de l'anàlisi biomecànica de les poblacions de bous de la Cova de les Pixarelles i de la Draga posen de manifest algunes diferències entre el comportament general d'ambdós ramats.

Pel que fa a l'àrea de la massa cortical, en el cas de la Draga no s'aprecien diferències entre mascles i femelles, ni en la falange anterior ni en la posterior. Fixant-nos en quantitat relativa de massa cortical, es pot apreciar com malgrat la diferència de talla documentada, totes les falanges de la Draga mantenen un rang de variabilitat equivalent. En el cas de Pixarelles la robustesa de les falanges varia de les extremitats anteriors a les posteriors. Per a les femelles, la quantitat relativa de massa cortical augmenta i per als mascles se n'aprecia un descens, si bé cal prendre aquests valors amb precaució, doncs el nombre de falanges es baix. En el cas de la falange anterior de mascle sembla, de fet, un possible cas particular.

Així mateix, la distribució de la massa cortical al voltant de l'eix principal de l'os a partir dels moments de l'àrea anteroposterior i mediolateral, reflecteixen que en ambdues poblacions les càrregues exercides sobre les falanges s'estan produint de forma diferencial. En el cas de la Cova de les Pixarelles, tant en els mascles com en les femelles, a partir de les falanges posteriors, es reflecteix una major importància del moment mediolateral. També és el cas de la falange anterior de mascle. En canvi les falanges anteriors identificades com femelles presenten una distribució similar a la mostrada per les falanges de la Draga., si bé la mitjana és més alta. En aquest sentit, en el cas de la Draga el moviment dels bous es produeix de forma més consistent en l'eix de desplaçament natural de l'animal mentre que a Pixarelles les falanges posteriors s'han adaptat a forces més similars en ambdós eixos. Molt probablement intervé un factor extern a l'hora d'executar la petjada que fa que les forces rebudes per la falange es distribueixin de forma diferent que en el cas de la Draga. No obstant, un dels exemplars de falange de la Draga, presenta un coeficient de circularitat similar al mascle de Pixarelles.

Pel que fa a J, el moment polar de l'àrea reflecteix la resistència de l'os a les forces de torsió i evidencia també diferències entre ambdós jaciments.

Mentre que en les falanges anteriors la distribució és similar, en el cas de les falanges posteriors els bous de Pixarelles presenten valors més elevats. Cal considerar el menor número de mostres en el cas de les falanges anteriors, però en general la tendència sembla indicar que a l'hora de moure's els bous de Pixarelles afavoreixen les extremitats posteriors.

En el cas de la Draga cal revisar les mostres 14 i 10, atribuïdes a castrats. Un cop corregit l'efecte de l'al·lometria els valors de obtinguts per a J en aquests animals no destaquen per sobre de la resta, de fet, s'integren en el grup principal. Es tracta de dos animals de talla gran amb una superfície de massa cortical elevada, la de 10 per sobre de la línia de tendència de la Draga, fet que permet caracteritzar aquest individu com un bou adaptat a suportar majors càrregues que la resta d'animals del conjunt en el pla vertical. Coincideix a més amb un valor relativament alt per a J, si bé integrat dintre del grup principal. L'altre individu, 14 és ben clar que es tracta d'un animal de mida gran, però la quantitat de massa cortical que presenta, si bé és elevada, es manté en la línia de tendència del grup de bous de la Draga. Addicionalment, si ens fixem en com es posiciona el seu valor de J un cop reduïts els efectes de la mida, el trobem proper al clúster de baixa activitat del ramat. Així, sembla que, en realitat, es podria tractar d'un mascle de mida gran que, molt probablement, no ha participat de tasques pesades de forma habitual, fet que permetria situar-lo possiblement, a l'altre costat de l'espectre, com un mascle reproductiu.

El clúster de J en el cas de les falanges anteriors evidencia la clara separació dels individus 24, 6, 16 de la Draga i 102 de Pixarelles. Cal destacar que en aquesta franja definida com d'alt estrès mecànic es distribueixen tant individus de talla petita, com 16, de la Draga, com també espècimens de talla gran, com el 102 de Pixarelles o el 6 de la Draga. Mentrestant, la resta de dades, inclosos els bous de la Draga i de Pixarelles, queden agrupades en dos o tres grups, segons tallem en la jerarquització. Mascles i femelles queden agrupats de forma equivalent entre els diferents grups, sense que es puguin evidenciar diferències significatives entre uns i altres.

El clúster realitzat per a les falanges posteriors posa de manifest la ja mencionada femella 874 de Pixarelles, que mereix especial atenció, i agrupa la resta de dades en dos grups. Igual que en el cas de les falanges anteriors, mascles i femelles es distribueixen de forma equivalent entre els grups. Pel que fa a la falange 874, si bé el valor net no és especialment alt, reflex de la seva talla petita, cal afegir que és la mostra amb major quantitat relativa de massa cortical, un 51%. Aquest fet, juntament amb el valor elevat de la J sembla indicar que es tracta d'un individu especialment actiu i que podria estar sent utilitzat per portar algun tipus de càrrega.

Cal mencionar, en tot cas que tant per al cas de les falanges anteriors com de les posteriors l'agrupació es dona de forma similar, concentrant la major part de la població en un sol grup i revelant alguns individus amb valors molt alts o molt baixos de torsió.

Els hàbits de locomoció diferents dels bous de Pixarelles es reflecteixen, sobretot, en les falanges posteriors. Però què causa aquestes diferències? Què afecta què? Per un costat, com ja

aventuràvem a l'inici dels resultats, els bous de la Draga viuen en una zona lacustre, plana i de bosc caducifoli, fet que hauria de proveir als animals d'un sòl tou. Estudis sobre les preferències dels bovins en règims d'estabulació de ramats moderns han posat de manifest que els tapisos de goma afavoreixen una manera de caminar més segura en pràcticament tots els aspectes (Telezhenko et al. 2017) i redueixen els riscos de patir lesions a la sola en comparació amb el ciment (Bergsten i Frank, 1996). En aquest sentit, s'ha evidenciat a partir de models de peülles i utilitzant anàlisi d'elements finits que els punts de pressió màxima serien fins a 3 vegades més alts en superfícies dures que en superfícies toves (Hinterhofer et al. 2005). Afectacions com el sobrecreixement de la peülla, afavorides per les superfícies dures, desequilibren la càrrega del pes sobre les falanges (Telezhenko et al. 2017). Òbviament, ni el sòl a la Draga era de goma tova ni ho era de ciment a Pixarelles. Caldria valorar quin grau de semblança hi ha, en quant a la seva duresa, entre un sòl de goma i el terra flonjo de la riba d'un llac i entre un terreny muntanyós i un terra de ciment. Tot i això, donades aquestes condicions, és previsible que la pressió exercida pel sòl sobre les potes de l'animal sigui més elevada en un terreny muntanyós com el que envolta el jaciment de la Cova de els Pixarelles. Aquest major impacte dels terrenys durs, podria explicar la major massa cortical de les falanges posteriors de Pixarelles, però no acaba de quadrar amb els valors relatius més baixos de les femelles en les falanges anteriors.

D'altra banda, la distribució de la massa cortical en la secció realitzada a les falanges indica també una major incidència del moment mediolateral en els individus de Pixarelles que podria ser causat per la diferència en l'estabilitat del terreny. Un terreny més escarpat, desigual, necessita d'equilibrar molt més la petjada que un sòl pla, on el moviment natural de l'animal ja facilita l'equilibri. Es tracta d'una explicació plausible, que cobreix els resultats obtinguts per a Pixarelles, però no oblidem que la Draga també presenta algun d'aquests individus. En el cas de la Draga, l'espècimen número 6, coincideix en què es tracta d'una mascle de mida considerable i amb un valor elevat per a J. En aquest sentit, una altra explicació plausible és l'ús d'aquest animal com a força de treball.

D'alguna manera, el terreny també condiciona l'ús que es fa d'aquests animals. Val a dir, que si l'explotació dels bous de la Cova de les Pixarelles hagués tingut com a objectiu les tasques agrícoles probablement estaria situat en un altre indret i que, en aquest sentit, és l'elecció humana de l'espai d'hàbitat el que condiciona, en bona part, els hàbits de mobilitat dels bous i els seus possibles usos alternatius. Seguint aquesta línia cal posar de manifest les dinàmiques de mobilitat clarament diferenciades que s'ha pogut destacar entre el gruix d'ambdós ramats. Per al cas de la Draga els dos mascles de mida especialment gran, que havíem considerat com castrats des d'un primer moment, sembla que presentarien hàbits diferents de mobilitat. Mentre l'individu 10 encaixa bé amb la definició d'un animal castrat utilitzat com a força de treball, l'altre no presenta un perfil tant clar, i seria més senzill considerar-lo com un mascle reproductiu o, potser, un castrat utilitzat com a cap del ramat o també, un individu castrat vell que ha estat fora de la cadena productiva el temps suficient com per a que els processos de remodelació de l'os el retornin a un estat "normal". Per al cas de les Pixarelles, és hipotetitzable l'ús d'aquesta femella 874 amb una quantitat relativa de massa cortical elevada i un moment de torsió elevat com un animal de transport. Es tracta d'un animal petit (relativament), fet que el fa més àgil que la resta d'individus i, també, més manejable. En aquest sentit, és un candidat ideal per

acompanyar el ramader i el ramat, carregant les eines d'ús habitual, a través de les muntanyes escarpades de la zona. El mascle de mobilitat elevada és, però més difícil de valorar.

Cal tenir en compte també que a nivell de motricitat els bovins són menys hàbils a l'hora de baixar pendents i poden desenvolupar millor la seva potència muscular en terrenys plans o pendent amunt, fet que seria consistent amb el major desenvolupament de les falanges posteriors. Els hàbits de mobilitat documentats a Pixarelles són en bona manera consistents amb les afectacions patològiques documentades, que es podrien derivar de la major duresa del sòl on trepitgen de forma habitual i el seu moviment per la zona escarpada on s'ubica el jaciment. Perquè, però, tot aquest moviment? Encara sabem poc sobre els humans que utilitzaren la cova de les Pixarelles i de fet, com la utilitzaren. S'ha plantejat el seu ús per tancar-hi el bestiar, però caldria una orografia bastant diferent per permetre aquesta acció. En tot cas, els bous tenen uns requeriments alimentaris i hídrics específics, fet que condiciona el seu manteniment i gestió a la capacitat per subministrar aquests elements. En aquest sentit, el desplaçament entre pastures justificaria un desplaçament relativament constant per l'àrea, que ben aviat afectaria la morfologia interna dels seus ossos, provocant-hi el creixement diferencial detectat i augmentaria les probabilitats d'accidents traumàtics. En tot cas, el desenvolupament d'algun tipus d'activitat agrícola tampoc és del tot descartable, doncs ajudaria a explicar el mascle amb valors de torsió més elevats que la resta.

A la Draga s'ha proposat de manera recent l'ús dels bous per al transport estacional de fusta (López-Bultó i Piqué 2018). L'explotació de la fusta com a material constructiu i combustible a la Draga es va desenvolupar de forma intensa, causant un impacte important sobre l'entorn del jaciment. En aquest sentit l'ús de múltiples animals per desenvolupar aquesta tasca és lògica i raonable i explica també la presència de diversos individus amb valors elevats de resistència a la torsió. D'altra banda el desenvolupament d'una agricultura mixta intensiva (Antolín et al 2014) afavoreix la idea d'utilitzar els bovins també per activitats plenament agrícoles. Aquests animals no han de ser necessàriament els mateixos que s'utilitzarien per carregar la fusta, fet que podria caracteritzar la major variabilitat pel que fa a la resistència a la torsió que presenten el bovins de la Draga. És probable, en tot cas, que la càrrega en sí que suposa l'ús d'una arada simple no tingui efectes sobre el desenvolupament natural de l'os, sinó que sigui l'augment de l'activitat física lligat a la pràctica el que activa els processos de remodel·lació òssia. D'altra banda, el sòl tou de la Draga podria ajudar a explicar el baix número de deformacions òssies del conjunt de bous, malgrat la intensa activitat agrícola i llenyataire desenvolupada.

La caracterització biomecànica del conjunt ha permès observar un comportament més homogeni en relació als hàbits de mobilitat per al cas dels bous de la Draga, fet que suggereix una ramat més controlat que, molt probablement, creix i es desenvolupa sota unes condicions similars. Malgrat això, la probable utilització d'aquests animals per a tasques diverses es veu reflectida en una major variabilitat pel que fa a la capacitat de les falanges per suportar esforços de torsió, que permet caracteritzar fins a tres grups d'intensitat. En aquest sentit, J reflecteix que tant mascles com femelles estaven vinculats a algun tipus de tasca física.

En el cas de Pixarelles, la major robustesa de les falanges posteriors s'ha pogut vincular al desplaçament habitual per un terreny amb pendents fortes, que exigiria la basculació del pes de

l'animal a l'esquelet posterior a l'hora de desplaçar-se cap a noves pastures. Cal remarcar, però, que s'evidencien diferències de mobilitat entre els espècimens de diferent talla, caracteritzats com a mascles i femelles.

## 6. DISCUSSIÓ

En els capítol precedent s'han presentat els resultats obtinguts per cada una de les espècies analitzades amb l'objectiu de caracteritzar de quina manera algunes les pautes de mobilitat i activitat practicades pels animals durant la vida havien quedat representades al seu esquelet. L'aproximació metodològica aplicada ha contemplat diferents procediments, demostrant la necessitat de dur a terme aproximacions el més integrades possible, en les que es contempli la combinació de varis criteris i estimadors. També ha quedat ben palesa la necessitat de treballar amb referencials establerts sota condicions controlades. De totes maneres, i pel cas de tell Halula, al tractar-se d'un estudi diacrònic, sobre una seqüència continua d'ocupació de com a mínim 2000 anys, la comparació s'ha basat en la mateixa variabilitat interna. En el cas de dels jaciments de Pixarelles i la Draga, en base a l'objectiu fixat per l'anàlisi de *Bos taurus*, no ha fet falta tampoc col·lecció de referència, aportant la comparació directa de les mostres recuperades en un jaciment i l'altre les informacions necessàries.

Els resultats obtinguts demostren el potencial d'aquesta nova metodologia desenvolupada en aquesta tesi per a l'estudi de la problemàtica històrica plantejada. El nivell de resolució no ha estat però el mateix per a cada una de les espècies animals analitzades. Pels porcs, per exemple, ha estat possible documentar la presència de la forma domèstica (*Sus domesticus*) ja des de les primeres ocupacions de tell Halula corresponents al MPPNB. S'ha pogut constatar també com la intensificació en la seva explotació durant el preHalaf va afectar al seu desenvolupament, registrant-se signes que es poden relacionar amb un augment de l'estrès ambiental derivat de la seva cria en captivitat. Una dada altament important ha estat la constatació de la hibridització entre població domèstica i salvatge en moments en que la ramaderia d'aquesta espècie esta ben establerta.

Per les cabres i ovelles s'han documentat a tell Halula també canvis importants al llarg de la seqüència arqueològica analitzada. Dades d'especial importància relacionades amb la gestió ramadera de les cabres son haver documentat la constricció progressiva del moviment a mida que avança el temps, amb un nou canvi durant les ocupacions més recents (període 3) en sentit invers; la reducció de la massa cortical i la robustesa vinculades a una reducció de l'estrès físic i activitat en general i unes pautes de mobilitat més homogènies pel que respecte a la seva intensitat i direcció.

Els resultats obtinguts per *Bos taurus* avalen també la validesa d'aquesta metodologia, documentant-se com a dades significatives pel jaciment de la Draga la similitud entre mascles i femelles pel que fa a les carregues rebudes i hàbits de mobilitat. Destaquen no obstant alguns exemplars pels quals s'ha pogut caracteritzar amb més en detall l'activitat que haurien desenvolupat durant la vida. Es tractaria en tot cas per aquest jaciment d'un ramat controlat que s'hauria desenvolupat en unes condicions homogènies. Per la cova de les Pixarelles, en canvi, la variabilitat documentada es major, registrant-se diferències importants en les pautes de mobilitat entre mascles i femelles.

Son varis els aspectes que s'han relacionat amb aquests resultats en el capítol anterior. Entre aquests, els règims d'alimentació, de reproducció i treball o explotació dels animals serien els que més influència poden haver tingut en la variabilitat registrada. Tal com s'ha exposat de

manera detallada a la introducció, tant la domesticació animal com la ramaderia inicial d'una espècie es basen en l'aplicació d'una sèrie de pressions selectives encaminades a satisfer les necessitats de les comunitats humanes. En funció de quines siguin aquestes necessitats, els mitjans disponibles i les característiques biològiques de les poblacions animals implicades, l'adaptació de l'animal al nou ambient pot tenir com a conseqüència una variació de les carregues mecàniques, nivells d'estres i estat de salut en general, aspectes que queden registrats en la morfologia òssia. Els objectius principals de la ramaderia són els que guien en primera instància la composició i la gestió dels ramats. Els interessos econòmics perseguits amb la ramaderia a inicis del neolític es centren sobretot en la potència de tracció, adobs, llet, llana i productes secundaris emmagatzemables. La carn no sol ser la única raó per mantenir ramats grans. Només en el cas dels porcs, espècie amb una elevada taxa de reproducció i sense possibilitats d'explotar-lo en vida. L'animal en si sovint és però més important que el seu valor nutritiu (Ebersbach, 2010).

#### 6.1. Pautes d'alimentació i característiques biomecàniques en les primeres poblacions d'animals domèstics

Un dels aspectes que sens dubte més es pot veure afectat per l'estat de captivitat és l'alimentació. La restricció de moviments que imposa la captivitat s'ha de compensar amb estratègies de proveïment artificials, ja sigui basades en règims de llibertat, semi-llibertat o estabulació. Cada un d'aquests règims té unes implicacions diferents pel que respecte a la mobilitat dels ramats domèstics. La ramaderia de rumugants per exemple, es basa en la utilització de diverses categories d'aliments que es poden adquirir directament per l'animal (pastures) o bé ser subministrats de manera artificial. La pastura fa referència a la capacitat dels animals per alimentar-se, implica mobilitat i capacitat d'ingerir diverses parts de les plantes que poden provenir de diferents capes de vegetació. L'impacte sobre la vegetació varia segons la intensitat de pasturatge i els períodes de pastura al llarg de l'any (Aubron et al. 2016). Les estratègies d'alimentació artificial poden contemplar diferents modalitats. S'ha proposat en el cas de les primeres comunitats neolítiques que una possibilitat podria ser, per exemple, l'aprofitament dels rostolls una vegada els cereals han estat segats.

Si bé no disposem a l'actualitat d'un estudi exhaustiu de les pautes d'alimentació seguides pels animals que componen els ramats d'animals domèstics dels jaciments estudiats, varis estudis realitzats permeten conèixer els trets generals segons espècies.

Pel cas de Halula, es documenten per les cabres i ovelles dos patrons de consum de plantes diferenciats durant les ocupacions intermèdies. En un primer grup, el consum s'efectua segons la disponibilitat natural de plantes al llarg de les diferents estacions (Torneró, 2011). En aquest cas, les diferències observades en els valors de C13 s'expliquen per les variacions mediambientals a nivell estacional. En canvi, un segon grup d'exemplars no seguiria aquest patró. En aquest darrer no es documenten diferències estacionals i es registra a partir de la Fase d'ocupació 8, augmentant en importància a les fases subseqüents (Fases d'ocupació 10-12) (Torneró, 2011). El fet que els estudis d'isòtops suggereixen un canvi en les pautes d'alimentació a partir de les fases 8 i 12 és significatiu en relació a la progressiva reducció de



la quantitat relativa de massa cortical a partir del P2 detectada en els húmer, característica que pot ser un reflex del canvi en la manera d'obtenir aliment. Alimentar-se a partir de menjar aportat requeriria concentrar els animals en espais més propers a l'assentament i delimitats. Makarewicz i Tuross (2012) evidencien a partir de les anàlisis isotòpiques ( $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{15}\text{N}$ ) realitzades sobre les restes de fauna recuperades als jaciments de Abu Ghosh i Basta (Jordània) que ja cap el 8000 cal BC les comunitat neolítiques implementaven diverses estratègies de cara a suplir les carències estacionals. Aquestes es basaven tant en la pràctica de moviments estacionals amb els ramats de cabres, tal com s'ha documentat en el jaciment de Basta, com en el subministre d'aliment extraordinari pel cas del jaciment d'Abu Ghosh. Pel que respecte al jaciment de tell Halula, les característiques biomecàniques detectades en els húmer i túbies de cabres apunten més cap a aquesta darrera direcció.

També en relació a tell Halula i, com a dada significativa, es important remarcar que es documenten modalitats d'alimentació artificial diferent per ovelles i cabres (Tornero, 2011). Tal com s'ha exposat amb anterioritat, tot i que les ovelles i les cabres estan molt relacionades, les cabres són principalment brostejadores i poden sobreviure amb una dieta més pobre, estan adaptades a elevacions més altes i a un terreny més escarpat. Les ovelles prefereixen en canvi les terres més planes i les pastures (Habibi, 1994). En general les cabres son menys exigents que les ovelles. Les ovelles necessiten aigua freqüent i un accés constant a l'herba, mentre que les cabres poden sobreviure sense pastura ni aigua durant períodes força llargs (Ebersbach, 2010).

Pel que respecte a les vaques i toros de la Draga, les anàlisis isotòpiques realitzades (Navarrete et al. 2019) indiquen una dieta basada en plantes C3 al llarg de tot el cicle anual. Els valors  $\delta^{13}\text{C}$  son mes elevats al final de l'estació seca. En aquesta espècie, la estacionalitat dels naixements es pot veure condicionada per la disponibilitat de menjar. Els valors obtinguts poden indicar l'aportació artificial d'aliment suplementari durant l'època d'aparellament de cara a aplacar els requeriments nutricionals i, per tant, contrapesar un possible fracàs en la reproducció. Cal mencionar que el subministra d'aliment extraordinari s'ha documentat en aquest jaciment també per les cabres. Es practicava doncs probablement una ramaderia intensiva, amb el manteniment dels animals vora l'assentament o al mateix assentament, especialment durant l'hivern o estació de reproducció.

Aquesta practica podria haver comportat a la llarga una sobreexplotació dels recursos disponibles (Gerling et al. 2017) degut a l'augment de la pressió sobre els recursos locals. Varis estudis han demostrat que davant aquesta situació s'adoptaren ja en el neolític estratègies d'alimentació dels ramats domèstics basades en la mobilitat. En el jaciment neolític d'Arbon Bleiche es registra la combinació, per exemple, de tres estratègies alimentaries per les vaques i toros (Gerling et al. 2017). Tal com han demostrat els valors obtinguts amb els isòtops d'estronci, cada una d'aquestes estratègies implica un rang de mobilitat dels animals diferent. La primera estratègia es basa en la pastura a l'entorn de l'assentament. La segona implica desplaçaments al voltant d'uns 30 km., explotant les pastures per sobre la línia de boscos. Els autors del treball han definit aquesta estratègia com de transhumància. La darrera contempla en canvi l'estada prolongada dels animals en les àrees obertes, menys humides. No es trobarien per tant associats directament a l'assentament durant tot el cicle anual. El major estres

biomecànic el presentarien probablement els exemplars corresponents al segon cas, mentre que pel darrer el grau de variabilitat podria ser superior que en el primer cas. Segons els autors, aquesta estratègia basada en la gestió òptima de recursos de diferents tipus de pastures en diferents altituds i distàncies de l'assentament hauria propiciat que les terres més fèrtils properes a l'assentament fossin utilitzades exclusivament per a la producció de conreus i farratges. Com a conseqüència, aquesta explotació hauria propiciat la colonització de sòls més pobres per sobre dels boscos densos i de les àrees en altituds més elevades. A l'assentament neolític de Falbygden (Sweden), Sjögren i Price (2013) documenten també a partir de les mesures dels isòtops d'estrónci i oxigen una elevada mobilitat pels animals domèstics, principalment pel cas del bovins i ovella. Les cabres presentarien una mobilitat intermèdia i els porcs, contràriament, pràcticament no es mourien. En aquest cas, la mobilitat es diferencial també entre espècies.

No sembla ser aquest però el cas de les vaques i toros de la Draga, amb trets biomecànics similars entre els individus. S'ha realitzat anàlisis d'isòtops  $\delta^{13}C/\delta^{15}N$  i s'han obtingut resultats positius per un total de 17 mostres de *Bos taurus* del jaciment de la Draga i 13 mostres del jaciment de cova de les Pixarelles (Viñas et al. en preparació). Mentre que per Pixarelles s'obtenen uns valors de  $\delta^{13}C$  similars als de la població d'urs del jaciment de Mendandia, -20,86 i -20,81 respectivament, el valor obtingut per la Draga es més elevat (-20,10). Tot i així la diferència més significativa es el grau de variabilitat en aquests valors que es registra a cada jaciment. Mentre que per Pixarelles la Stand. Dev te un valor de 0,44, més baix que el de Mendandia (Stand. Dev= 0,93), per la Draga el valor es de Stand. Dev = 1,18. Aquesta variabilitat be donada pel cas de la Draga per la presència d'un total de 5 exemplars que presenten valors de  $\delta^{13}C$  inferiors a -19,5. En canvi, el valor més inferior detectat per Pixarelles es de -20,36. Correlacionant aquests valors amb el sexe, edat i característiques físiques d'aquests animals ha estat possible constatar que 3 d'aquests 5 exemplars son femelles i els dos restants corresponen a animals amb presència de patologia òssia a l'articulació distal del metàpode. Es tracta en concret d'un eixamplament medio lateral de la tròclea, afectació que s'ha relacionat sovint amb la realització d'un sobreesforç reiterat. Tot i aquesta alimentació diferencial que es podia subministrar a animals amb règims de vida específics, les característiques biomecàniques no mostren per aquest jaciment diferències importants entre mascles i femelles i exemplars castrats. D'aquí es pot deduir que el radi d'acció vinculat a l'alimentació seria per tots els animals proper a l'assentament i presentaria unes característiques topogràfiques probablement similars. S'ha proposat per aquest jaciment (Antolín et al, 2014) que probablement es conreaven camps permanents de mida petita, deixant els rostolls per pasturar els ramats, facilitant l'adob de les parcel·les i permetent d'aquesta manera el seu cultiu continu durant períodes de temps llargs.

Pel jaciment de Pixarelles es documenta, en canvi, la situació inversa. Si bé les pautes d'alimentació son relativament homogènies entre tots els animals, els trets biomecànics mostren unes carregues mecàniques diferents entre mascles i femelles. En aquest sentit, es plausible considerar la gestió dels bovins desenvolupada a Pixarelles sota els paràmetres definits en el segon o el tercer mode d'explotació proposat a Arbon Bleiche. Si bé les condicions geològiques de la cova confirmen la filtració d'aigües a l'interior de la cova, difícilment podrien cobrir les necessitats d'un ramat establert a la cova i, en tot cas, seria necessari transportar grans quantitats

de menjar a l'interior o a les immediateses de la cova per al seu manteniment. No es tracta d'una estratègia gaire òptima en aquest cas. A més, ni les característiques biomecàniques detectades en les falanges, que indiquen uns nivells d'activitat que podríem considerar d'elevats, ni els valors isotòpics de  $\delta^{13}\text{C}$ , que, recordem, són propers a la dieta dels urs del jaciment de Mendandia, són favorables a aquesta opció. Ni les condicions gaire idònies per a la presència permanent del ramat a la cova. Com dèiem, les evidències són més favorables a les dues altres opcions descrites. Els valors elevats sobre la resistència a les forces de torsió mesurades d'aquest ramat i els traumatismes evidents en diferents parts de l'esquelet evidencien que aquests animals s'estarien desplaçant de forma relativament habitual al voltant del jaciment, fet que concorda més amb la segona estratègia. D'altra banda, el fet que els valors isotòpics concordin en bona mesura amb els de les poblacions salvatges, si bé mostrant menys variabilitat, podria indicar que, si bé estan alimentant-se de forma lliure, s'exerceix un cert control sobre els espais d'on s'obté l'aliment.

A l'hora de treballar en base als principis de la biomecànica cal tenir en compte que, a més de les estratègies implementaries de cara a l'obtenció d'aliment, l'alimentació per si mateixa pot repercutir directament en el desenvolupament dels ossos. L'estrès alimentari pot tenir efectes sobre els ritmes de reabsorció i producció de teixit ossi, desembocant en possibles diferències. Caldria en aquesta línia avaluar si, per exemple, desnutricions severes poden afectar notablement el desenvolupament dels ossos. Malgrat això, un cop superat el moment d'estrès, els processos de remodelació retornen a la normalitat i, donat un temps suficient, poden recuperar l'estat normal. En aquesta tesi s'ha treballat per exemple la hipoplàsia dental, resultat, entre altres, de l'estrès fisiològic causat per un ingesta de nutrients que te si bé al tractar-se d'esmalt la dinàmica efectes sobre els desenvolupament normal de les dents. Al tractar-se però d'esmalt, la dinàmica d'afectació es diferent que el cas de la resta de teixits ossis. Un cop finalitzat el període d'estrès el desenvolupament de la dent segueix el seu curs normal, però la interrupció queda registrada a la dent perquè l'esmalt no es remodela un cop ja s'ha fixat.

## 6.2. Pautes de reproducció i característiques biomecàniques en les primeres poblacions d'animals domèstics

La taxa de reproducció d'un ramat depèn principalment de la taxa de fertilitat i mortalitat de les femelles. La gestió dels animals mascles sovint es basa en les preferències culturals, mentre que la gestió de les femelles es basa en objectius de cria a llarg termini (Ebersbach, 2010). La gestació pot tenir efectes severes sobre la densitat dels ossos que, malgrat això, es poden recuperar durant els primers mesos de la lactància. A partir de l'estudi dels metàpodes de dues poblacions de cabres, l'una alimentada en base a la disponibilitat estacional d'aliment i l'altra amb les necessitats plenament cobertes durant tot l'any, Horwitz i Smith (1990), van poder apreciar com el gruix de la massa cortical variava durant el període gestació en les cabres sotmeses a règims estacionals. Mentrestant, ni les cabres amb les necessitats alimentàries cobertes ni cap dels mascles d'ambdós grups expressaven aquestes variacions en el gruix de la cortical. Es tracta, doncs, d'un factor important a tenir en compte en la variabilitat a documentar pel que fa a la massa cortical. En aquest sentit, la major variabilitat en la quantitat relativa de

massa cortical evidenciat en la població salvatge de referència utilitzada en aquest treball podria estar expressant aquesta mateixa qüestió, si bé cal considerar que s'estan avaluant ossos diferents.

L'estudi realitzat sobre les pautes de reproducció de les cabres a tell Halula (Torneró, 2011) evidencia que els naixements d'animals d'aquesta espècie es distribuïen durant les fases d'ocupació intermèdies, en dos moments diferents del cicle anual, dada que demostra que s'ha modificat de forma intencionada el cicle natural. Torneró (2011) vincula aquests resultats a un estret control sobre els animals que es reproduïen fora de l'estació més òptima. Per les ovelles, en canvi, els naixements es concentraven en una única estació.

La quantitat relativa de massa cortical en metàpodes per a les cabres de Halula disminueix durant el període 2 fet que podria estar relacionat amb aquesta modificació intencionada del cicle de reproducció anual. Si bé aquesta estratègia no implica necessàriament que les mateixes cabres tinguin dos parts a l'any, sinó que es pot produir en base a una rotació de les femelles reproductives, sí que representa una intensificació de les pressions reproductives exercides sobre l'espècie. La intensificació dels ritmes de reproducció podria tenir efectes sobre la capacitat d'aquestes femelles per recuperar les pèrdues de massa òssia causades per l'estrès extra causat per la gestació i la producció de llet. Per al Període 3, si bé el nombre de restes és limitat, la tendència cap a una major massa cortical, podria reflectir una millora de les condicions de vida de les cabres, potser, de la qualitat de l'aliment. Així mateix, la dinàmica general evidenciada per a cabres i ovelles indica una major quantitat de massa cortical de les ovelles en els metatarsians (MCd cabra=0.61; ovella=0.62; MCp cabra=0.65; ovella=0.68) que podria ser també un reflex d'aquests diferents nivells d'estrès a causa de les pressions reproductives diferents implementades. Tot i això també cal considerar, tal com s'ha comentat anteriorment, que podria ser un efecte dels hàbits locomotors d'ambdues espècies.

### 6.3. Pautes de treball i explotació animal i característiques biomecàniques en les primeres poblacions d'animals domèstics

El sistema de cria actuals presenten una gran variabilitat segons les característiques del medi. Agafant l'exemple d'Europa, s'observen diferències importants entre el nord i el sud, en funció de les especialitzacions ramaderes (Gillis et al. 2019). A la regió mediterrània, per exemple, dominen les explotacions d'ovelles centrades en la producció de llana i llet. Als Balcans, la transhumància centrada en la producció de llet. Dues són però principalment els tipus d'explotacions ramaderes que més repercussió poden haver tingut en les pautes de mobilitat i activitat de les poblacions estudiades. Per una banda i tal com s'ha comentat pel cas de la Draga i Pixarelles, cal fer referència a la utilització i explotació de l'energia animal. En segon lloc, hi ha l'explotació làctia, que pot tenir també repercussions importants ja sigui en tot el ramat o sobre individus concrets del ramat.

Pel que fa a l'ús de l'animal com a mitjà de treball, les afectacions òssies que pugui presentar dependran en gran mesura del tipus i la intensitat del treball imposat als animals. Cal tenir en compte, tal com s'ha exposat a l'introducció, que els animals destinats a aquestes activitats en

un ramat solen ser pocs, especialment en el cas del transport, i alguns només de forma ocasional. En alguns casos, no obstant, es pot donar el cas de que alguns exemplars del ramat s'especialitzin en aquestes activitats.

No sempre es correlaciona tampoc us dels animals per la tracció i l'aplicació de la tècnica de la castració. Una limitació important a l'hora d'estudiar aquest aspecte es que la castració és difícil de posar en evidència. Tot i així, en aquest treball ha estat possible evidenciar-la a partir dels canvis de proporció i mida dels animals. La variació de mida deguda a la castració es pot observar només quan la castració s'ha produït abans d'acabar l'etapa de creixement (3 anys en el cas dels bous). Els animals castrats són més dòcils i amb major massa muscular. Amb la castració pot augmentar la seva producció (major força, animals menys agressius). Per al transport la castració no seria necessària (Helmer et al. 2018). En el cas dels animals identificats com a castrats a la Draga els valors obtinguts amb l'estudi dels trets biomecànics es situen dintre dels rangs de variabilitat de la resta d'exemplars que conformarien el ramat principal, un d'ells fins i tot presenta valors relativament baixos. Al contrari, algunes femelles presenten valors de torsió elevats que podríem plantejar com resultat del seu ús en activitats agrícoles. Per a les vaques, el treball de tracció pot comportar una disminució important de la lactància. Isaakidou (2011) argumenta que la utilització de vaques per tracció en comptes de bous redueix ostensiblement els costos. Els bous són més cars d'alimentar i proporcionen carn i força. L'ús de femelles es pot combinar amb la reproducció, si bé se'ls hi atribueix menys poder energètic (Halstead, 1995).

Amb el treball de tracció, la força de l'animal es dirigeix cap al davant. Per tant, els ossos que hi ha a la part del davant de l'animal reben més impacte que els de la part posterior. En el cas del transport, els pesos deformen les vèrtebres toràciques i lumbars i la distribució del pes a la part frontal i a la part posterior de la columna vertebral té un fort impacte sobre les falanges. Aquesta característica és especialment visible en el desenvolupament de les falanges posteriors, que es esdevenen més robustes i presenten proporcions similars a les falanges anteriors (Helmer et al. 2018).

Partint d'aquesta hipòtesi, les evidències documentades a la Draga a partir de la quantitat relativa de massa cortical de les falanges anteriors i posterior reflecteix una dinàmica verdaderament complexa. Per un costat, les mitjanes de Ct.Ar/Tt.Ar indiquen que, en general, les falanges anteriors ( $m=0.37$ ) són més robustes que les posteriors ( $m=0.35$ ). Els valors mínims de les falanges anteriors ( $\min=0.334$ ) i les posteriors constaten una dinàmica similar. En canvi, si ens fixem en els valors màxims, el valor màxim de les falanges posterior ( $\max=0.432$ , corresponent a la falange 13, és superior al màxim de les anteriors ( $\max=0.418$ ). Si ens fixem en les forces de torsió (J) aquest exemplar no forma part del grup de màxima torsió (on només hi ha un exemplar de Pixarelles), però sí que és un dels més alts de la Draga. Cal prendre aquestes dades amb precaució, doncs caldria confirmar aquesta tendència utilitzant les falanges del mateix individu, però la tendència indicaria el seu ús per al transport. Al mateix temps, aquesta configuració de valors afavoreix, per a la resta de femelles un ús més lligat a tasques de tracció. No té sentit, en tot cas, relacionar totes les femelles a aquesta activitat productiva, però cal mencionar que les dues falanges anteriors identificades com a femelles amb la quantitat relativa de massa cortical més elevada són, també, les que conformen el grup definit com d'alta

activitat a partir del paràmetre J. En aquesta línia, és plausible definir-les com vaques de tir. En el cas dels mascles (sense incloure els exemplars castrats), els valors obtinguts per falanges anteriors ( $m=0.33$ ,  $\min=0.275$ ,  $\max=0.432$ ) i posteriors ( $m=0.36$ ,  $\min=0.32$ ,  $\max=0.396$ ), indiquen aquesta tendència, que en el treball publicat per Helmer et al. (2018), es considera més pròpia d'animals utilitzats per al transport. Coincidentment, els exemplars 19 i 15, amb només un mascle (DR17, Ct.Ar/Tt.Ar= 0.4) i una femella (la falange 13) amb major massa cortical són també els mascles amb els valors més alts del paràmetre J. Addicionalment, els exemplars 13 i 19, un mascle i una femella, són els que presenten el primer i el tercer valor més baix de circularitat. Aquest fet constitueix, probablement, un indicador més dels esforços de l'animal per agafar més tracció amb les peülles per carregar amb el pes extra.

Cal tenir en compte que la Draga és un jaciment que es va formar *ex novo* i que el desplaçament fins allà, transport d'eines i materials hauria requerit, molt probablement, algun tipus de mitjà de transport. Els resultats obtinguts aporten evidències a favor d'aquest plantejament. Els bous i les vaques han estat utilitzats, i s'utilitzen encara, de forma equivalent arreu del món per realitzar tasques agrícoles de tot tipus. En general, sembla que hi ha una certa preferència per utilitzar mascles, si bé en llocs com la Índia és més aviat per l'estatus sagrat de la vaca (Phaniraja i Panchasara 2009). La musculatura dels animals és l'element que transmet les forces sobre l'os però també el que les redueix. La diferència de mida dels animals és, en el fons, un factor a considerar a l'hora de valorar els esforços transmesos a l'os. Si animals de diferent talla desenvolupen les mateixes tasques, l'estrès rebut pels animals de menor talla serà proporcionalment més elevat. En aquests sentit, per a que un animal de major talla presenti esforços molt elevats hauria de rebre un estrès físic suficientment fort com per compensar la major força i el major pes de l'animal. La cortical es desenvolupa per suportar el pes de l'animal. El fet que algunes de les falanges presentin un major esforça mediolateral, quan la majoria del ramat mostra un domini del moment anteroposterior podria indicar la utilització de les falanges per millorar la subjecció al terra i millorar la tracció a l'hora d'arrastrar pes. No sembla que l'ús dels animals per tracció suposi un augment de les forces a compressió rebudes, si no que es tradueix en l'augment de les forces rebudes en l'eix horitzontal.

A la Cova de les Pixarelles s'evidencien unes diferències clares entre les falanges anteriors i posteriors, amb les tendències invertides per als mascles i femelles. En el cas de les femelles, la mitjana de les falanges posteriors ( $m=0.45.6$ ) és superior a la de les falanges anteriors ( $m=0.35$ ). En el cas dels mascles, la dinàmica s'inverteix, i són les falanges anteriors les que presenten una mitjana superior ( $m=0.47$ ) a les de les falanges posteriors ( $m=0.37.6$ ), tot i que cal tenir en compte que, en el cas de la primera falange, només comptem amb un únic exemplar, i podria tractar-se d'un cas aïllat. Hem plantejat, fins ara, que la variabilitat documentada a Pixarelles és, probablement, el resultat de la seva mobilitat per un terreny escarpat, dur i desigual. Tot i això, és interessant valorar la proposta d'Helmer et al. (2018) també per a Pixarelles. L'exemplar 102 de Pixarelles, una falange anterior, no només presenta un valor comparativament elevat de la quantitat relativa de massa cortical, sinó que també té el valor més elevat en quant a la resistència a la torsió i una major importància del moment mediolateral. Sota aquest plantejament, és possible que aquest exemplar en concret hagués pogut desenvolupar algun tipus d'activat de tracció. Per contra, la major robustesa de les vaques a les

falanges posteriors podria indicar el seu ús com a animal de càrrega, si bé considerem que les característiques muntanyoses del terreny podria tenir també un efecte sobre aquesta qüestió.

Pel que respecta a l'explotació làctia, aquesta pot condicionar també el règim alimentari i tipus de mobilitat dels animals. En el cas de la Draga, es documenta per *Bos taurus* una explotació diversificada, orientada a la producció de carn, llet i uns pocs exemplars explotats per la seva energia (Saña, 2011). En canvi, pel jaciment de Pixarelles, els exemplars es crien sobretot de cara al subministra de producte carni. Alguns treballs han demostrat que la comparació entre els ossos dels animals d'un ramat ben alimentat i els d'un altre ramat sotmès a les variacions estacionals no mostra diferències en el gruix cortical entre els mascles d'ambdues poblacions, mentre que les femelles del ramat subjecte a les variacions estacionals evidenciava una reducció del gruix cortical als metàpodes. La disminució s'ha relacionat amb l'estrès extra provocat per la gestació i la lactància en condicions d'alimentació restringida. Amb el pas del temps, la lactància reiterada associada a una dieta deficient pot provocar una insuficiència de calci i una osteoporosi greu (Benzie et al. 1955,1956,1959; Nisbet et al. 1970; Duckworth et al. 1962a,b; Braithwaite, 1983; Geenty i Sykes, 1986). A la Draga, es registra un pic en la representació de les classes d'edat de 0 a 1 mesos, dada que s'ha relacionat amb una elevada freqüència de mortalitat neonatal (45,4%). La classe d'edat següent (entre 1 i 4 mesos) esta representada amb un percentatge lleugerament inferior, del 33,9%. Aquest segon pic s'ha relacionat amb l'existència d'un període de lactància curt (Gillis et al. 2013). Cal mencionar que s'ha estimat que la longitud de lactància de les vaques neolítiques era aproximadament de 9 mesos (Balasse et al. 1997, Ballase i Treset 2002 ). Les vaques de races rurals locals i de grups pastorals africans tenen uns períodes de lactància mitjans entre 210 i 240 dies per any i un rendiment mitjà de llet que es pot utilitzar per a humans d'uns 1,5 a 2,5 litres per vaca diàriament (Ebersbach, 2010). La superfície de pastures mitjana pels animals implicats en la lactància està limitada per la distància que hi ha entre el lloc d'abeurador i la velocitat de desplaçament del bestiar. Si no hi ha llet o no s'utilitza per a la nutrició humana, la velocitat de desplaçament i les distàncies poden ser més elevades. Si s'utilitza la tracció, excrements i els productes lactis, la ramaderia mòbil es fa difícil, ja que es poden necessitar els animals a l'assentament i als camps. Es poden dividir els animals del ramat segons tipus d'explotació. Els bous i les vaques en lactació es poden quedar a l'assentament principal, mentre que la resta es factible que recorri distàncies relativament més llargues. Aquestes dades estrien en consonància amb els animals identificats com femelles a la Draga, per les quals s'evidencia un regim de mobilitat centrat a l'entorn de l'assentament.

#### 6.4. Mobilitat i confinament en les primeres poblacions d'animals domèstics

Hi ha diferències entre les espècies a l'hora de conformar els ramats. Les cabres són escaladores especialitzades i confien més en la inaccessibilitat i menys en la velocitat per evitar els depredadors (Habibi 1994). Les cabres tenen tendència a aglomerar-se i a córrer del perill. Viuen en habitats específics i es mouen amb menys freqüència i a distàncies més curtes que les ovelles (Geist 1971). A les cabres no els agraden les condicions humides, però suporten les condicions fredes i calentes, i poden recórrer distàncies més llargues que les ovelles. Els ramats

de cabres, per exemple, solen ser menys nombrosos o estar tancats, mentre que les ovelles es mantenen en grans ramats, facilitant, si es necessari, la transhumància a grans distàncies.

En el cas de tell Halula, l'anàlisi dels valors d'estrunci realitzat (Torneró, 2011), mostra que per ovelles i cabres es documenta un rang de variació espacial delimitat, de moment difícil de precisar i amb una elevada variabilitat interna per cada espècie.

Els costums escaladors de les cabres s'evidencien a tell Halula a partir del major pes que té la component mediolateral, que evidencia l'ús de la pota amb una funcionalitat prènsil, que ajudaria a millorar la subjecció i l'equilibri. L'eliminació dels espais on desenvolupar aquestes costums escaladores s'evidencia al llarg de la seqüència analitzada de tell Halula a partir de la major importància del moment anteroposterior en les cabres domèstiques, que augmenta a mesura que moviments alternatius al desplaçament frontal es veuen limitats. En les cabres la mitjana de la circularitat dels húmer entre períodes augmenta de 1.3 a 1.5 i de 1.5 a 1.7 respectivament. En el cas de les tíbies, la mitjana de la circularitat es manté a 1,5 entre P1 i P2, i augmenta a 1.6 durant P3. La tendència general és a diferències cada cop més amples entre Iap i Iml, en favor del primer. Aquests valors reflecteixen la creixent restricció del moviment. Un altra dada important a tenir en compte es que la massa cortical permet diferenciar de forma clara entre els exemplars domèstics i salvatges. Les cabres domèstiques de tel Halula tindrien ja doncs d'entrada un rang de moviment diferent, caracteritzat per un menor estrès físic. A la disminució progressiva de la massa cortical de l'húmer se li ha de sumar el fet de que durant el període 3 s'observa un augment de la variabilitat en aquest paràmetre. Aquest canvi coincideix amb un major èmfasis cap a la ramaderia d'ovelles i cabres, en detriment de l'activitat de cacera.

A partir del metatarsians s'ha observat també com les forces rebudes per les ovelles en l'eix anteroposterior són més importants (circularitat d cabra=2.43; ovella 2.56; circularitat p cabra=0.94 ovella=0.98) que en les cabres, malgrat que els màxims i mínims de les cabres estan més separats (CV cabra d= 0.23 ovelles 0.08 i proximal cabra=0.03 ovella 0.02). Aquests resultats son probablement un reflex dels hàbits de mobilitat naturals de les dues espècies que, en la mesura de lo possible, també es reflectirien en captivitat. Alternativament podrien estar representant un règim de mobilitat diferent, més constrenyit en el cas de les ovelles. De fet aquesta darrera possibilitat esta en consonància amb el mode d'adopció d'aquesta espècie, integrant-se de cop als ramats domèstics a partir de la Fase d'ocupació 8.

L'augment de la massa cortical de la tibia (0.44 a 0.53) al llarg de la seqüència pot estar reflectint canvis en la condició del terreny on els animals es desenvolupen. En l'àrea de tell Halula una gestió més oberta del ramat permetria considerar un major accés a la zona del riu o a lloc menys transitats pel grup humà. La limitació del moviment podria provocar un enduriment del terra constantment trepitjat pels animal, fet que es traduiria en una major carrega per l'impacte amb el terra. La diferència funcional de cada os influeix en la quantitat de massa cortical a l'os, motiu pel qual els húmer mostren una dinàmica oposada a la tibia pel que fa a la massa cortical. El pas d'una mobilitat més lliure a una mes constrenyida redueix els estímuls rebuts per un element com l'húmer.

Si bé no s'ha avaluat en aquest cas a partir dels ossos llargs, un exemple clar de la restricció de la mobilitat que s'ha pogut documentar concerneix al porc al llarg de la seqüència arqueològica



de tell Halula. A una escala temporal i geogràfica més ampla, Price (2016) proposa que el pas d'una ramaderia extensiva a una intensiva podria haver tingut lloc durant el neolític ceràmic. Al jaciment de Çayonu, per exemple, les afectacions per la hipoplàsia representen un percentatge del 11% en el cas del porc senglar. Una dinàmica similar s'observa a Jarmo, jaciment pel qual s'ha pogut documentar una introgressió de població salvatge de fins al 30%, detectada a partir de geometria morfològica. Aquestes condicions són coherents amb els règims d'explotació extensiva, on els porcs gaudeixen d'un alt grau de llibertat. Les dinàmiques registrades a tell Halula reflecteixen un augment dels percentatges de presència d'hipoplàsia a la població de porcs, augmentant del 8,9% durant el PPNB mitjà a un 36% durant el PPNB final i un 42,3 durant el neolític ceràmic. A mode il·lustratiu, per a tota la seqüència del jaciment, un 25,19 % de les dents de porc de Halula evidencien hipoplàsia. Com ja s'ha exposat a l'apartat corresponent, les evidències a Halula recolzen el pas d'un règim d'explotació extensiva a una intensiva. En bona mesura coincident amb la dinàmica general que Price (2016) posava de manifest. Així, durant el període de temps en que es produeix l'ocupació de Jarmo i es manté una ramaderia extensiva dels porcs, a tell Halula es fa el salt cap a una explotació intensiva, en la línia de les evidències documentades a Banahilk (Price 2016), molt més tardanes. La possible introgressió d'espècimens salvatges en la configuració del ramat s'ha detectat també amb claredat a Halula des de les fases inicials i, si bé no se n'han documentat evidències clares durant les fases intermitges, tornen a ser-hi presents durant les últimes fases. El baix número de mostres en aquest sentit per a la GMM pot tenir un cert efecte sobre la no presència de porcs de talla gran identificats com morfològicament domèstics durant el PPNB recent, però les evidències suggereixen que malgrat la intensificació del règim d'explotació, es manté un cert grau d'introgressió. Si bé alguns autors argumenten que aquesta introgressió d'individus salvatges als ramats domèstics de porcs no té cap avantatge productiu (Marshall et al. 2014), cal tenir en compte que una variabilitat genètica molt reduïda pot afectar severament els ritmes de reproducció d'aquesta espècie, a més dels problemes inherents a l'excessiva consanguinitat en relació al desenvolupament de malalties (Köck et al. 2009).

#### 6.5. Gestió de la mobilitat animal en les primeres societats ramaderes i tipus de ramaderia

El règim de mobilitat i activitat dels animals ve determinat en gran mesura pel tipus d'explotació ramadera, diferenciant entre practiques intensives i extensives. La practica d'una o altra depèn en la majoria d'ocasions de la disponibilitat o no de pastures i de la possibilitat de concentració de força treball en determinats períodes de l'any (Ebersbach, 2010). La mida i qualitat de la terra, la intensitat en què es practica l'agricultura o la horticultura, les especies animals dominants i els productes que tenen més importància econòmica, influeixen també directament en el tipus de ramaderia que es practica.

Quan hi ha confluència entre una forta dependència del productes que pot fornir l'animal durant la vida (adob, tracció, llet) i pastures limitades a l'entorn del poblats, s'opta sovint per la intensificació. La pastura lliure en aquests terrenys permet diverses collites alhora que el manteniment estable facilita la recollida d'adobs (Ebersbach, 2010). És important tenir en compte que la cria intensiva implica uns períodes d'elevada inversió de mà d'obra, com a la

primavera, quan la majoria dels animals neixen (Antolín et al. 2014). El risc de pèrdua d'animals no només passaria en aquest moment, sinó també a l'hivern, quan es van produir canvis en la llum i la temperatura i la disponibilitat d'aliment es redueix (Saña 2011). Els ramats gestionats de forma intensiva solen mantenir-se a l'assentament, sobretot durant l'hivern. Durant aquests períodes, s'haurien d'alimentar amb aliment extraordinari, que podria consistir en tiges, fulles, branques, gra o subproductes de les diverses etapes de processament dels cultius (Halstead 1998). En sistemes extensius, en canvi, la mobilitat del ramat es la característica dominant. En aquest cas els ramats o grups d'animals s'alimenten fora de l'àrea de la terra cultivable.

Es precisament aquesta una de les diferències que s'han pogut constatar al llarg d'aquest treball entre les ocupacions més antigues i més recents de tell Halula i la Draga. En aquest darrer jaciment ha estat possible demostrar, a partir dels trets biomecànics, la rapidesa en l'adaptació dels ramats de les diferents espècies animals al medi lacustre. Al tractar-se d'un assentament conformat de nou, sense precedents d'ocupacions anteriors, ha estat impossible realitzar el mateix exercici que per tell Halula, analitzant la variabilitat i la dinàmica de canvi al llarg de pràcticament 2000 anys. Aquesta operació ha permès descriure els canvis de manera més gradual, observant dinàmiques diferencials segons espècies. En canvi, pel jaciment de la Draga, s'evidencia de manera generalitzada un grau d'homogeneïtat major. De fet, l'emplaçament d'aquest assentament oferiria unes condicions idònies per a la gestió ramadera. Es significatiu en aquesta línia que la comunitat neolítica s'instal·la *exnovo* i comença a criar en un ambient nou quatre espècies domèstiques amb requeriments diferents. Aquesta situació podria tenir un paral·lel en el cas de la introducció de l'ovella durant la fase d'ocupació 8 a l'assentament de tell Halula. Tant la ramaderia de vaques a la Draga om la d'ovelles a Halula constitueixen exemples de practiques ben consolidades basades en una explotació polivalent dels productes que poden proporcionar aquestes dues espècies. De fet, l'elevat percentatge relatiu registrat en la proporció de restes de *Bos taurus* a la Draga podria ser un exponent de la importància atorgada a l'explotació de l'energia animal i producció làctia ja des dels moments inicials del neolític. Aquesta proposta quedaria avalada pel tractament especial en quan a l'alimentació atorgat a algunes femelles i als animals castrats. El desenvolupament d'estratègies de cria que ampliaven l'accés dels animals a noves fonts d'aliments com ara farratge influïa sens dubte en l'estat de salut d'aquestes poblacions, les taxes de supervivència i la reproducció. Amb això, les comunitats neolítiques varen augmentar de manera significativa l'accessibilitat, la predicibilitat i la fiabilitat de la seva pròpia base de subsistència, mitigant els efectes de l'estrès sobre els recursos naturals que constituïen la base alimentària dels ungulats (Makarewicz i Tuross, 2012). En aquesta ràpida adaptació no contenen però únicament els factors ambientals. La mà d'obra necessària per produir i utilitzar recursos alimentaris ha estat sempre una de les variables més importants en l'evolució dels patrons d'alimentació animal (Aubron et al. 2016) i la reducció de la mobilitat l'hauria estat el factor clau que l'hauria fer factible.

#### 6.6. Consideracions d'ordre metodològic i tècnic per a l'estudi i registre de les propietats biomecàniques a partir de restes de fauna arqueològiques

Durant la realització d'aquesta tesi s'han utilitzat diversos procediments analítics i metodològics amb diversos objectius. Una de les problemàtiques per a les que s'han buscat

diferents solucions ha estat com eliminar els efectes de l'al·lometria de les dades obtingudes. En aquest sentit, els “problemes d'escala” se situen a la base de les metodologies aquí desenvolupades i aplicades.

El càlcul de les propietats mecàniques a partir de seccions transversal és un procediment que s'ha utilitzat de forma recurrent en poblacions humanes, tant extintes (Ruff et al. 1993) com recents ((Shackelford 2005) per tal d'explorar-ne els hàbits de mobilitat. En aquest sentit, les aplicacions fetes per tal d'analitzar l'aparició del bipedalisme resulten especialment interessants (Richmond i Jungers 2008). Els estudis de Ruff i companys (Ruff, 2000; Ruff et al. 1983, 1993, 2000, 2006) són els que, en bona mesura, defineixen la metodologia d'anàlisi de les propietats mecàniques dels ossos i fan notar de la necessitat de neutralitzar l'efecte de la massa de l'animal a l'hora d'avaluar els valors obtinguts. El procediment habitual per realitzar això consisteix en posar les mesures en relació a la massa de la persona. Per als antropòlegs físics, recuperar el pes de la persona analitzada és relativament fàcil. Per a poblacions recents, pesar l'individu mort ja compleix els requeriments per estandarditzar els valors. En arqueozoologia però, aplicar aquests procediment no es viable i es plantegen una sèrie de dificultats. Quan la massa no està directament disponible, es formulen diverses equacions que deriven la massa de l'humà a partir de la llargada de l'os total de l'os. En general, es considera que la massa dels humans es pot considerar com una funció de la llargada de l'os. En el cas dels animals no-humans també s'ha desenvolupat, especialment en el marc del potencial carni dels individus, algunes maneres de recuperar la massa de l'animal en vida. Aquests càlculs però, s'obtenen a partir, també, de la llargada de l'os, fet que arqueològicament, amb el nivell de fragmentació habitual de les restes de fauna a la majoria dels jaciments arqueològics, és improbable de poder aconseguir i, per tant, força a la introducció de maneres alternatives de reduir l'al·lometria de les dades.

Aquesta problemàtica s'ha abordat des de diversos punts de vista, aplicant diferents aproximacions contrastades a l'eliminació dels efectes de la mida. Per una banda, a utilització d'índex relatius és un procediment àmpliament utilitzat que permet mostrar les dades sense que aquestes estiguin afectades per l'edat de l'animal, el sexe, el pes o l'alçada (Nazem et al. 2015) a partir d'expressar els valors en relació a una altra mesura.

Diverses mesures de les utilitzades per caracteritzar biomecànicament les restes s'han expressat d'aquesta manera. L'anomenat C/D ratio expressa la quantitat relativa de massa cortical en un eix qualsevol (normalment mediolateral) de la secció de l'os. Es tracta d'una tècnica utilitzada en veterinària per diagnosticar anomalies en el creixement de l'os. L'ús d'aquest ratio no forma part del cos principal d'aquesta tesi, però es va avaluar en la publicació realitzada en el marc de la trobada de l'ASWA[AA] Working group a Xipre l'any 2017 que es pot consultar a l'annex. Les dades obtingudes a partir de l'aplicació d'aquesta tècnica van aportar resultats satisfactoris, permetent detectar canvis en el gruix de la cortical al llarg de la seqüència d'ocupació de tell Halula. Tot i això, els valors objectius d'aquesta tècnica es superposen amb les dades que podem obtenir a partir de la quantitat relativa de massa cortical (Ct.Ar./Tt.Ar).

La superfície cortical en una secció de la diàfisi expressa la resistència de l'os a les forces rebudes. De forma lògica, cal entendre que, en general, si no hi intervé cap factor extern, com més gran és la secció de la diàfisi mesurada, més gran serà la superfície de l'os. La relació entre

superfície cortical i mida no és, en tot cas, lineal sinó que creix de forma logarítmica (Currey, 2013). L'adaptació biològica a aquesta qüestió rau en la variació de la composició de l'os, compensant així la menor superfície amb un teixit ossi més resistent. Cal dir, però, que aquesta adaptació química de l'os només seria significativa entre espècies amb diferències importants de mida, com entre una cabra i un elefant i que, en general, el que cal tenir en compte sobretot és que les diferències de talla influeixen en el valor final de la superfície cortical de l'os. Posar el valor de la superfície cortical de l'os en relació a l'àrea total de la secció permet establir un marc de referència per avaluar possibles diferències entre els individus pel que fa a la seva massa cortical, evitant així la influència que l'edat de l'animal, el sexe, el pes o l'alçada pugui tenir sobre la formació d'aquest valor.

D'altra banda, tal com ja s'ha descrit, els moments d'inèrcia descriuen la resistència de l'os a les forces de flexió rebudes. Donat que el càlcul d'aquestes magnituds es realitza a partir de mesures líniales de la secció, la seva correlació amb la mida és clara. Com amb el cas de la superfície cortical, l'avaluació d'aquestes mesures com un índex de circularitat ha permès explorar com s'orienten les forces rebudes per l'os sense que l'edat, sexe, pes o alçada pesin sobre la dada observada. El coeficient de circularitat ha permès establir la direccionalitat del moviment habitual de l'animal, en reflectir la repartició de les forces en l'os.

La intensitat d'aquestes forces s'ha establert principalment a partir del moment polar d'inèrcia, que mesura la capacitat de l'os per resistir els esforços de torsió. La utilització del segon eix de l'ACP d'aquesta variable amb una variable representativa de la mida, permet aïllar la variabilitat depenent de la mida en el primer eix i, així, valorar la incidència relativa de les forces de torsió sobre espècimens de talles diferents.

Els ossos són elements morfofuncionals del cos, fet que implica que la seva forma és, a priori, una conseqüència de la seva idoneïtat dintre del sistema locomotor dels vertebrats. Dit d'una altra manera, cada os té una forma, gruix i composició específics que li permeten complir amb les necessitats biològiques per a les que ha estat dissenyat amb la major eficiència possible. Així, tal com esperàvem, cadascun dels elements esquelètics analitzats presenta una configuració de valors pròpia que, que respon a les característiques intrínseques de cadascun d'ells. Els resultats poden, evidentment, expressar tendències similars sota situacions concretes, però la posició de cada part esquelètica en el sistema locomotor, com s'hi adhereixen els músculs i la seva forma influeixen en el comportament mecànic final de cada os. Resulta complex, doncs, establir correlacions conclusives entre diferents parts esquelètiques, fins i tot a partir d'uns mateixos paràmetres d'anàlisi, sense un punt clar de connexió. En l'anàlisi de poblacions arqueològiques, com sabem, la possibilitat de reconstruir les connexions anatòmiques és una reduïda, fet que contribueix a l'anàlisi individuals dels elements ossis.

En aquest línia, la construcció de models de referència (Mannel et al. 2011) per poder aprofundir en els resultats obtinguts és una qüestió clau per anar més enllà de les particularitats de cada os i fer una caracterització plena de l'adaptació de l'esquelet a les forces externes rebudes que permeti, en un exercici d'enginyeria inversa (Villaverde i Banga 2014), entendre els hàbits locomotors dels animals en relació al seu hàbitat i forma de vida.

A partir dels resultats obtinguts e spot observar, doncs, com diferents ossos poden reflectir hàbits i comportaments concrets de l'animal, que afecten de manera diferent a cada element esquelètic. Així la reducció en la mobilitat de les cabres evidenciada a tell Halula, sembla tenir un efecte diferent en tíbies i húmer pel que fa a la seva massa cortical. Mentre en els húmer es redueix, en les tíbies augmenta. L'estaticitat de l'animal, doncs, fa que la tíbia estigui permanentment sota esforços de compressió i que, per tant n'augmenti la superfície cortical. En l'húmer, més depenent de la seva funció propulsora, redueix la massa cortical com a resposta al desús d'aquest part de l'esquelet, a la vegada que distribueix la massa cortical per compensar, sobretot, les forces en l'eix anteroposterior, on, a causa de la inactivitat, es concentrarien la major part de forces.

Així mateix, l'estudi de les falanges ha permès posar de manifest com les diferents condicions del sòl i l'ús de la peül·la com una unitat de subjecció (Zhang et al. 2015) per millorar l'equilibri i el moviment sobre diferents superfícies (per la pràctica de determinades activitats o la pròpia configuració del sòl) afecten a la quantitat de massa cortical observada i a la seva distribució.

D'aquesta manera, i en base sempre als objectius de recerca, es important tenir en compte en primer lloc les característiques i grau de resolució de cada elements esquelètic i seleccionar a partir d'aquí la composició i característiques de la mostra. En aquest cas, la selecció ha partit de considerar un element de l'extremitat anterior (húmer), un de l'extremitat posterior (tíbia), dos de la part distal de les extremitats (metàpodes i falanges), a més de les restes dentaries en el cas del porc. El motiu d'aquesta selecció no rau únicament en el grau de resolució que podria tenir la mostra disponible per cada espècie i jaciment, sinó també en avaluar el grau d'aplicabilitat que pot tenir aquesta línia analítica en arqueozoologia, atenent a la condició i naturalesa de les restes amb que es sol treballar en el mar d'aquesta disciplina. Una dada positiva es que s'ha demostrat amb els resultats obtinguts el potencial que pot tenir l'aplicació d'aquest enfoc de cara a l'estudi, a partir de les característiques morfològiques internes i externes de l'os, del seguit d'accions que interaccionen en la gestió animal. No només aquelles que tenen a veure amb els impactes físics, sinó també amb les decisions socials. L'os, a partir de les seves modelacions i remodelacions, s'ha convertir d'aquesta manera en una representació de la dinàmica del passat. Ha estat possible fer visible un seguit d'activitats i pautes desenvolupades pels animals impossibles d'analitzar de manera directa sobre les restes de fauna. Les maneres de caminar, trepar, estirar, carregar, saltar o córrer dels animals son informatives, no només del seu mode de vida, sinó també de les necessitats i disponibilitats de les comunitats neolítiques.

La correlació entre aquesta nova manera de mesurar els ossos i la biometria tradicional s'ha mostrat també com una operació bàsica a l'hora de detectar situacions més complexes que les que ens evidencien les mesures lineals sobre els ossos. Un sistema no substitueix a l'altre, sinó que es complementen, amb l'avantatge d'aquest darrer de que consisteix una tècnica no destructiva a l'hora d'analitzar l'estructura interna dels ossos.

## 7. CONCLUSIONS

Amb la present tesi doctoral es perseguia un doble objectiu. Per una banda, generar nou coneixement sobre un moment clau la Historia, el Neolític, avaluant com l'inici i desenvolupament de la ramaderia contribuï a canviar les relacions i possibilitats de producció, encetant una etapa de noves relacions amb el medi, amb els recursos i entre les mateixes formacions socials. D'altra banda, la prioritat d'aquesta tesi doctoral ha estat també contribuir amb l'aportació de noves propostes metodològiques que permetin superar algunes de les limitacions implícites en la metodologia arqueozoològica més tradicional a l'hora d'abordar problemàtiques històriques que requereixen anar més enllà de l'observació directa de les restes de fauna arqueològiques. La proposta metodològica desenvolupada i aplicada s'ha centrat en l'estudi de la mobilitat i pautes d'activitat animal, un dels aspectes que canvià de manera important amb al domesticació i inicis de la ramaderia. El treball de recerca no s'ha centrat exclusivament en caracteritzar aquesta mobilitat o activitat. El seu estudi ha tingut en compte tant les causes com les conseqüències, relacionant els resultats obtinguts amb altres aspectes clau que com l'alimentació i la reproducció animal i les relacions socials i ecològiques que en resultaren. L'estudi ha requerit un enfoc transversal, integrant dades de diversos àmbits científics com la biologia, geologia, arqueologia, antropologia i física.

Els procediments analítics aplicats han combinat els procediments basics desenvolupats des de l'arqueozoologia, la paleopatologia, la morfologia geomètrica i la biomecànica. S'ha partit de la hipòtesis de que amb aquest procediment és possible identificar modificacions a petita escala produïdes en la morfologia i conformació òssia resultat de diverses pressions selectives (tant d'índole natural com antròpica) que han actuat sobre els animals. A partir de la visualització de les modificacions en la forma dels ossos serà possible identificar i resseguir els canvis experimentats en els elements esquelètics de determinats animals i relacionar-los amb les diverses estratègia de gestió dels recursos animals practicades per les poblacions prehistòriques, i, de manera més concreta, amb els pautes de mobilitat i activitat.

L'os és un teixit dinàmic, que canvia constantment durant la vida d'un organisme i proporciona un registre de canvis estructurals, mecànics i de composició. Els esquelets s'han tendit a analitzar com a entitats rígides, mentre que a la realitat son plàstics, responent contínuament als estímuls comportamentals i ambientals (O'Regan i Kitchener, 2005). La tomografia computada i l'anàlisi de la microestructura òssia permeten matisar aquesta visió més àmplia proporcionada per l'osteometria i establir els règims d'activitat de les poblacions domèstiques. L'anàlisi de radiografies i de models digitals 3D de restes òssies permet caracteritzar variables del teixit ossi inaccessible únicament a partir de l'observació directa de les restes de fauna. Paràmetres com l'amplada de la cortical o la densitat òssia estan directament relacionats amb el tipus d'explotació i condicions de cria, podent identificar a partir d'aquests criteris animals sotmesos a condicions d'estrès, explotació làctia intensiva o mobilitat recurrent (Shackelford, et al. 2014). La tomografia computada presenta a més un altre avantatge i és que es tracta d'una tècnica no destructiva, permetent avaluar amb detall i quantificar, a partir de conceptes de la biomecànica, el nivell d'activitat dels animals i el seu estat de salut.

Per a l'estudi s'han seleccionat dos contextos espacials, la vall mitjana de l'Èufrates i la part més occidental del mediterrani, treballant de manera concreta materials recuperats en els jaciments arqueològics de tell Halula (Síria), la Draga (Banyoles, Pla de l'Estany) i cova de les Pixarelles (Tavertet, Osona). Al mediterrani occidental la dinàmica documentada a inicis del neolític és diferent que la registrada a la vall mitjana de l'Èufrates, caracteritzada per processos de domesticació autòctons. A l'occident, si bé per algunes espècies es proposa la seva domesticació directa a partir de les poblacions salvatges de la zona, tal com son els porcs i bous, per ovelles i cabres les anàlisis genètiques portades a terme evidencien un origen forani. Les modalitats de transmissió poden haver estat molt variades, des de l'intercanvi d'animals i de coneixements fins a l'arribada directa de noves poblacions conjuntament amb els ramats. El tipus de ramaderia practicada en aquests darrers casos podria ser potencialment més polivalent que en ramaderies on s'integren animals durant les fases inicials de domesticació, quan el control de la reproducció i la demografia del ramat deuria ser un aspecte bàsic. En aquest sentit, és important diferenciar entre l'adopció d'animals domèstics amb la finalitat d'estabilitzar l'abastiment en produccions primàries, de la pràctica d'una ramaderia ja consolidada, basada en una explotació flexible dels recursos domèstics. La segona situació pot comportar, a la llarga, la pràctica de ramaderies especialitzades, basades en l'explotació més intensiva d'unes determinades produccions animals. Tal es el cas, per exemple, de les explotacions intensives de llet, fibres o energia. En aquests casos, les pressions selectives a les que es veuen sotmesos els animals son més intenses i, per tant, es poden manifestar també de manera diferent sobre l'esquelet.

La proposta metodològica desenvolupada s'ha aplicat a l'estudi de la domesticació i practiques ramaderes inicials en que es veieren implicades les 4 principals espècies productores d'aliment: porc, cabra, ovella i vaca. No s'ha seguit el mateix procediment en l'estudi de cada espècie sinó que, amb l'objectiu d'avaluar el potencial dels diferents procediments, aquests s'han aplicat tenint en compte en cada cas la problemàtica concreta d'anàlisi, les característiques de l'espècie, la condició dels conjunts faunísics i mostra potencialment disponible. Per tal de disposar d'un marc de referència que faciliti la interpretació de les dades analitzades es va seleccionar complementàriament una mostra de 12 cabres salvatges provinents del sud-est asiàtic d'una col·lecció del Departament de Zoologia del Field Museum of Natural History de Chicago.

### 7.1. Noves dades entorn a la ramaderia inicial de porcs: hibridització i inicis de les practiques de cria intensives al jaciment de tell Halula

La primera aplicació efectuada, s'ha centrat en avaluar l'estatus domèstic o salvatge dels suïns al jaciment de tell Halula, fent especial incidència en si es produeixen o no canvis al llarg dels 2000 anys de seqüència d'ocupació representada en el jaciment. S'ha partir de la biometria tradicional i s'han contrastat els resultats obtinguts amb la morfologia geomètrica amb l'objectiu d'avaluar si es registra o no la presència de la forma domestica ja des de les ocupacions més antigues. Una vegada caracteritzada aquesta dinàmica, s'ha integrat a l'estudi l'anàlisi de la hipoplàsia dental com a marcador d'estrès. S'han combinat per tant descriptors de mida, forma i estat de salut animal, els dos primers vinculats a l'estudi de la domesticació i,

el tercer, més directament relacionat amb les condicions de creixement i el regim de cria. L'element esquelètic analitzat a partir d'aquestes tres aproximacions han estat les restes dentaries.

Per aquesta espècie ha estat possible documentar la presència de la forma domèstica (*Sus domesticus*) ja des de les primeres ocupacions de tell Halula corresponents al MPPNB. S'ha pogut constatar també com la intensificació en la seva explotació durant el preHalaf va afectar al seu desenvolupament, registrant-se signes que es poden relacionar amb un augment de l'estrès ambiental derivat de la seva cria en captivitat. Una dada altament important ha estat la constatació de la hibridització entre població domèstica i salvatge en moments en que la ramaderia d'aquesta espècie esta ben establerta.

## 7.2. Noves dades entorn a la ramaderia inicial de cabres i ovelles: alimentació, reproducció i moviment

En el cas de *Capra*, l'anàlisi s'ha orientat a avaluar les pautes de mobilitat i esforç efectuades en una mostra d'animals al llarg de la seqüència arqueològica del jaciment de tell Halula. L'avaluació s'ha efectuat a partir de diferents elements esquelètics amb l'objectiu d'avaluar la variabilitat i el grau de resolució de cada un. Els resultats s'han comparat amb la població moderna de referència i amb un altra espècie, *Ovis aries*, a partir de restes arqueològiques. L'anàlisi comparativa s'ha articulat en base a l'examen de les pautes d'esforç i mobilitat, de manera concreta intensitat i tipus de moviment. L'estudi la permès establir la variabilitat en els moviments i carregues que han rebut els exemplars de *Capra* segons sexes i s'ha comparat després amb les ovelles, espècie aquesta darrera explotada de manera diferencial a les cabres. S'ha contrastat també si les característiques biomecàniques venen condicionades pel tipus d'explotació i règim de cria a la que està sotmesa la població o bé per les característiques conductuals i fisiològiques de l'animal, pel substrat geològic i topografia que freqüenta o per altres variables d'indole ambiental i no estrictament social.

Els resultats obtinguts permeten observar com al llarg de la seqüència arqueològica analitzada els húmer tenen progressivament una quantitat més reduïda de massa cortical en proporció a l'àrea de la secció. Això, juntament amb la reducció de la talla, implica que les cabres de Halula són cada cop més petites i amb menys massa cortical. Si l'os es remodela i s'adapta a l'estrès rebut això voldria dir queles cabres estan rebent cada cop menys estrès físic. L'índex de circularitat en els húmer augmenta, això vol dir que a mesura que s'avança en l'ocupació del jaciment, la diferencia entre l'estrès rebut en l'eix anteroposterior i l'eix mediolateral augmenta, afavorint l'estrès anteroposterior. Aquest fet es pot interpretar en relació al tipus de moviment realitzat per aquests animals. Aquest estaria cada vegada més constrenyit i es focalitzaria en una sola direcció. Donada la posició de l'húmer en l'esquelet, això podria respondre al propi sosteniment de l'animal i a una minimització del moviment que, més que augmentar l'esforç en l'eix principal, el redueix en el mediolateral. La reducció dels valors del paràmetre J reflecteix la baixada de l'estrès rebut en els eixos principals i implicaria una reducció de l'estrès rebut sobre l'os, es a dir, menys activitat. La tibia contrasta amb l'húmer en el sentit en que augmenta la quantitat relativa de massa cortical a la part distal. Aquest fet pot ser a causa de la



diferent funcionalitat i posició dels dos ossos. La tibia, amb una funció més propera al sosteniment vertical del pes de l'animal, podria veure augmentades les càrregues sobre la part distal de l'os. Un reflex d'això podria ser l'aparició més freqüent d'afectacions osteoporòtiques als talus com a causa del contacte amb la tibia en poblacions domèstiques. Si prenem de referència el comportament de les cabres salvatges de la col·lecció de referència, i la progressiva disminució de la talla al llarg de la seqüència, l'augment de variabilitat durant el període 2 (PPNB recent) podria respondre a canvis en la composició del ramat o, com a mínim, de la mostra estudiada, doncs les femelles presenten valors més variables pel que fa la quantitat relativa de massa cortical.

### 7.3. Noves dades entorn a la ramaderia inicial de *Bos taurus*: tir, transport i tracció

La darrera espècie treballada, *Bos taurus*, s'ha analitzat a partir de les falanges, element estretament vinculat al desplaçament de l'animal i sobre el qual recau una part important del pes. L'anàlisi s'ha orientat a contrastar si es viable, a partir de la metodologia proposada, diferenciar entre els trets biomecànics derivats de l'ús de l'animal com a mitjà de treball d'aquells vinculats al seu desplaçament. Les vaques i toros son animals utilitzats sovint com a reforç suplementari en algunes tasques. Donada la seva conformació i fisiologia, l'adaptació al medi pot presentar característiques diferents que en el cas de les ovelles i cabres anteriorment comentat. Es tracta d'una espècie amb un elevat grau de polivalència. Per aquest motiu es interessant preguntar-nos si, en el cas del jaciments de l'àrea de la mediterrània occidental, s'ha adoptat ja domèstica per algun propòsit d'explotació específic (llet, força, carn...) o bé no està sotmesa a pressions selectives molt dirigides. S'han analitzat per contrastar-ho les restes d'aquesta espècie de dos jaciments amb característiques topogràfiques ben diferenciades en els que les vaques, toros i bous varen tenir un pes econòmic important, el poblat del neolític antic de la Draga i la cova de la Pixarelles (neolític mig).

Els resultats obtinguts a partir de l'anàlisi biomecànica de les poblacions de bous de la Cova de les Pixarelles i del jaciment de la Draga posen de manifest algunes diferències entre el comportament general d'ambdós ramats. Pel que fa a l'àrea de la massa cortical, en el cas de la Draga no s'aprecien diferències entre mascles i femelles, ni en la falange anterior ni en la posterior. Fixant-nos en quantitat relativa de massa cortical, es pot apreciar com malgrat la diferència de talla documentada, totes les falanges de la Draga mantenen un rang de variabilitat equivalent. En el cas de Pixarelles, la robustesa de les falanges varia de les extremitats anteriors a les posteriors. Per a les femelles, la quantitat relativa de massa cortical augmenta i per als mascles se n'aprecia un descens. La distribució de la massa cortical al voltant de l'eix principal de l'os a partir dels moments de l'àrea anteroposterior i mediolateral, reflecteixen també que en ambdues poblacions les càrregues exercides sobre les falanges s'estan produint de forma diferencial. En el cas de la Cova de les Pixarelles, tant en els mascles com en les femelles, a partir de les falanges posteriors, es reflecteix una major importància del moment mediolateral. En canvi les falanges anteriors identificades com femelles presenten una distribució similar a la documentada també per les falanges de la Draga. En aquest sentit, en el cas de la Draga, el moviment dels bous es produeix de forma més consistent en l'eix de desplaçament natural de

l'animal mentre que a Pixarelles les falanges posteriors s'han adaptat a forces més similars en ambdós eixos. En el cas de la Draga, cal mencionar les mostres 14 i 10, atribuïdes a animals castrats. Els valors obtinguts per al paràmetre J mostren que aquests animals no destaquen per sobre de la resta, i que, de fet, s'integren en el grup principal.

#### 7.4. Noves dades entorn a gestió ramadera a inicis del Neolític: explotació i ús dels animals

Els hàbits de locomoció diferents dels bous de Pixarelles es reflecteixen, sobretot, en les falanges posteriors. Aquest fet pot venir condicionat per les característiques topogràfiques i ecològiques. Mentre els bous de la Draga viuen en una zona lacustre, plana i de bosc caducifoli, la cova de les Pixarelles està envoltada d'un terreny més escarpat i desigual. És previsible que la pressió exercida pel sòl sobre les potes de l'animal sigui més elevada en un terreny muntanyós com el que envolta el jaciment de la Cova de els Pixarelles. Aquest major impacte dels terrenys durs, podria explicar la major massa cortical de les falanges posteriors de Pixarelles. D'alguna manera, el terreny també condiciona l'ús que es fa d'aquests animals. Els hàbits de mobilitat documentats a Pixarelles són en bona manera consistents amb les afectacions patològiques documentades, que es podrien derivar de la major duresa del sòl on trepitgen de forma habitual. A la Draga s'ha proposat de manera recent l'ús dels bous per al transport estacional de fusta (López-Bultó i Piqué 2018). L'ús de múltiples animals per desenvolupar aquesta tasca podria explicar la presència de diversos individus amb valors elevats de resistència a la torsió. D'altra banda el desenvolupament d'una agricultura mixta intensiva (Antolín et al. 2014) afavoreix utilitzar els bovins també per activitats plenament agrícoles. Aquests animals no han de ser necessàriament els mateixos que s'utilitzarien per carregar la fusta, fet que podria caracteritzar la major variabilitat pel que fa a la resistència a la torsió que presenten els bovins de la Draga. És probable, en tot cas, que la càrrega en sí que suposa l'ús d'una arada simple no tingui efectes sobre el desenvolupament natural de l'os, sinó que sigui l'augment de l'activitat física lligat a la pràctica el que activa els processos de remodelació òssia. D'altra banda, el sòl tou de la Draga podria ajudar a explicar el baix nombre de deformacions òssies del conjunt de bous, malgrat la intensa activitat agrícola i llenyataire desenvolupada. La caracterització biomecànica del conjunt ha permès observar un comportament més homogeni en relació als hàbits de mobilitat per al cas dels bous de la Draga, fet que suggereix una ramada més controlada que, molt probablement, creix i es desenvolupa sota unes condicions similars. Malgrat això, la probable utilització d'aquests animals per a tasques diverses es veu reflectida en una major variabilitat pel que fa a la capacitat de les falanges per suportar esforços de torsió, que permet caracteritzar fins a tres grups d'intensitat. És important remarcar que aquestes dades suggereixen que tant mascles com femelles estaven vinculats a algun tipus de tasca física.

#### 7.4. Noves dades entorn a gestió ramadera a inicis del Neolític: mobilitat i explotació

Aspectes com els règims d'alimentació, de reproducció i treball o explotació dels animals serien els que més influència poden haver tingut en la variabilitat registrada en les pautes de mobilitat i esforç de les espècies estudiades. L'alimentació, sens dubte, es pot veure afectada per l'estat

de captivitat. La restricció de moviments que imposa la captivitat s'ha de compensar amb estratègies de proveïment artificials, ja sigui basades en règims de llibertat, semi-llibertat o estabulació. Cada un d'aquests règims té unes implicacions diferents pel que respecte a la mobilitat dels ramats domèstics. Entre els resultats obtinguts, ha estat possible relacionar amb un canvi en les pautes d'alimentació, o de la manera d'obtenir l'aliment, la progressiva reducció de la quantitat de massa cortical detectada en els húmer de cabres de tell Halula a partir a partir de les fases d'ocupació 8 i 12. Els costums escaladors de les cabres s'evidencien a tell Halula a partir del major pes que té la component mediolateral, que evidencia l'ús de la pota amb una funcionalitat prènsil, que ajudaria a millorar la subjecció i l'equilibri. L'eliminació dels espais on desenvolupar aquestes costums escaladores s'evidencia al llarg de la seqüència analitzada de tell Halula a partir de la major importància del moment anteroposterior en les cabres domèstiques, que augmenta a mesura que moviments alternatius al desplaçament frontal es veuen limitats. De manera concreta, alimentar-se a partir de menjar aportat hauria requerit concentrar els animals en espais delimitats i més propers a l'assentament. En el cas de les femelles, la disminució de la quantitat relativa de massa cortical podria estar relacionada també amb la modificació intencionada del cicle de reproducció anual de l'espècie (Tornero, 2011). Aquesta estratègia representa una intensificació de les pressions reproductives exercides sobre l'espècie. La intensificació dels ritmes de reproducció podria tenir efectes sobre la capacitat d'aquestes femelles per recuperar les pèrdues de massa òssia causades per l'estrès extra causat per la gestació i la producció de llet. A partir de les ocupacions preHalaf, si bé el nombre de restes és limitat, la tendència cap a una major massa cortical podria reflectir una millora de les condicions de vida de les cabres, potser, de la qualitat de l'aliment.

La dinàmica general evidenciada per a cabres i ovelles indica una major quantitat relativa de massa cortical en les ovelles, característica que es podria relacionar amb els diferents nivells d'estrès a causa de les pressions reproductives. No es pot descartar del tot, que en algun cas aquesta major massa cortical pugui estar vinculada als hàbits locomotors d'ambdues espècies. Les forces rebudes per les ovelles en l'eix anteroposterior són més importants que en les cabres, malgrat que els màxims i mínims de les cabres estan més separats. Aquests resultats podrien ser un reflex dels hàbits de mobilitat naturals de les dues espècies que, en aquest cas, també es reflectirien en captivitat. Alternativament podrien estar representant un règim de mobilitat diferent, més constrenyit en el cas de les ovelles. Aquesta darrera possibilitat esta en consonància amb el mode d'adopció d'aquesta espècie, integrant-se de cop als ramats domèstics a partir de la Fase d'ocupació 8. El pas a règims relativament més confinats a partir de finals del PPNB recent i sobretot durant les ocupacions preHalaf, queda reforçat també amb la dinàmica registrada pels porcs, amb un augment dels percentatges de presència d'hipoplàsia del 8,9% durant el PPNB mitjà a un 42,3% durant el neolític ceràmic.

També en el cas de *Bos taurus* s'han detectat estratègies diferents d'alimentació a partir de les característiques biomecàniques dels animals reflectides en els ossos. Per la Draga, les característiques biomecàniques no mostren diferències importants entre mascles i femelles i exemplars castrats. D'aquí es pot deduir que el radi d'acció vinculat a l'alimentació seria per tots els animals proper a l'assentament i presentaria unes característiques topogràfiques probablement similars. Aquesta dada es correlaciona bé amb els resultats de les anàlisis

paleobotàniques. S'ha proposat per aquest jaciment que probablement es conreaven camps permanents de mida petita, deixant els rostolls per pasturar els ramats, facilitant l'adob de les parcel·les i permetent d'aquesta manera el seu cultiu continu durant períodes de temps llargs (Antolín et al, 2014). Tot i aquestes pautes homogènies, destaca en aquest jaciment la variabilitat d'usos que s'efectua dels animals del ramat. A partir de la quantitat relativa de massa cortical de les falanges anteriors i posterior ha estat possible constatar l'ús d'alguns animals per al transport. En el cas dels animals identificats com a castrats els valors obtinguts amb l'estudi dels trets biomecànics es situen dintre dels rangs de variabilitat de la resta d'exemplars que conformarien el ramat principal, un d'ell fins i tot presenta valors relativament baixos. Al contrari, algunes femelles presenten valors de torsió elevats que podríem ser el resultat del seu ús en activitats agrícoles.

Pel jaciment de Pixarelles es documenta, en canvi, la situació inversa a la Draga. Les característiques biomecàniques detectades en les falanges indiquen uns nivells d'activitat que podríem considerar d'elevats. Els valors elevats sobre la resistència a les forces de torsió i els traumatismes documentats en diferents parts de l'esquelet evidencien que aquests animals s'estarien desplaçant de forma relativament habitual al voltant del jaciment, fet que concorda més amb una estratègia d'alimentació més mòbil. S'evidencien també per aquest jaciment diferències clares entre les falanges anteriors i posteriors, amb les tendències invertides per als mascles i femelles. La major robustesa de les vaques a les falanges posteriors podria indicar el seu ús com a animal de càrrega, si bé cal considerar que les característiques muntanyoses del terreny podria tenir també un efecte sobre aquesta qüestió.

Una de les conclusions importants del treball es sens dubte la possibilitat de diferenciar entre règims intensius i extensius de ramaderia i agricultura a partir de les característiques biomecàniques registrades en els ossos. Els ramats gestionats de forma intensiva solen mantenir-se a l'assentament, sobretot durant l'hivern. Durant aquests períodes, s'haurien d'alimentar amb aliment extraordinari. En sistemes extensius, en canvi, la mobilitat del ramat es la característica dominant. En aquest cas els ramats o grups d'animals s'alimenten fora de l'àrea de la terra cultivable. Evidentment, la realització d'estudis integrats, on es correlacionen dades sobre alimentació, reproducció i mobilitat, permet augmentar el valor resolutiu de les dades biomecàniques.

El desenvolupament d'aquesta tesi doctoral ha permès constatar que l'aplicació dels principis de la biomecànica a l'anàlisi de les restes de fauna arqueològiques presenta un elevat potencial per tal d'inferir en les respostes morfològiques dels organismes a pressions selectives tant d'ordre natural com socia.. La mesura d'aquestes noves variables i paràmetres ha permès establir i resseguir les dinàmiques de canvi en les poblacions animals que ha tingut com a efecte variacions en la conformació dels teixits ossis. Aquestes dinàmiques de canvi tenen a veure sobretot amb les noves condicions socials i econòmiques establertes durant la neolització.

## BIBLIOGRAFIA

- Achilli, A., Olivieri, A., Pellecchia, M., Uboldi, C., Colli, L., Al-Zahery, N., Accetturo, M., Pala, M., Kashani, B. H., Perego, U. A., Battaglia, V., Fornarino, S., Kalamati, J., Houshmand, M., Negrini, R., Semino, O., Richards, M., Macaulay, V. & Torroni, A. (2008). Mitochondrial genomes of extinct aurochs survive in domestic cattle. *Current Biology*, 18(4), R157-R158.
- Adams, D.C., Rohlf, F.J., Slice, D.E. 2013. A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix: Volume 24* (1): 7–14
- Albarella, U. and S. Payne (2005). Neolithic Pigs from Durrington Walls, Wiltshire, England: A Biometrical Database. *Journal of Archaeological Science* 32: 589-599.
- Albarella, U., Dobney, K., & Rowley-Conwy, P. (2006). The domestication of the pig (*Sus scrofa*): new challenges and approaches. University of California Press.
- Albarella, U., Dobney, K., & Rowley-Conwy, P. (2009). Size and shape of the Eurasian wild boar (*Sus scrofa*), with a view to the reconstruction of its Holocene history. *Environmental Archaeology*, 14(2), 103-136.
- Alcàntara, R., 2014. Aplicació de la morfologia geomètrica a l'estudi de la domesticació animal: l'exemple de la vall mitjana de l'Èufrates. Treball de recerca de màster, Departament de Prehistòria, UAB.
- Alday, R. A., Perales, B. U., & Castaños, U. P. (2012). Not only hunting: Early domestication evidence from the sites of Atxoste and Mendandia (Basque Country). *L'Anthropologie*, 116(2), 127-147.
- Allentuck, A. (2015). Temporalities of human–livestock relationships in the late prehistory of the southern Levant. *Journal of Social Archaeology*, 15(1), 94-115.
- Altuna, J., & Mariezkurrena, K. (2001). La cabaña ganadera del yacimiento de La Renke (Alava, País Vasco). *Munibe (Antropología-Arkeologia)*, 53, 75-86.
- Álvarez, A. (2013). Reseña geológica de la zona de Tell Halula. *Tell Halula: un poblado de los primeros agricultores en el valle del Eufrates, Siria*, 24-30..
- Álvarez, Á. A. (2001). *Dinámica ocupacional de la cueva de les Pixarelles (Tavertet, Osona): memoria de licenciatura* (Doctoral dissertation, Universitat de Barcelona. Facultat de Geografia i Història).
- Álvarez, R., Catapotis, M., Cau Ontiveros, M. A. & Rauret, A. (2000-2001). Producción cerámica en la edad del Bronce en Catalunya: el ejemplo de la cueva de Les Pixarelles (Osona). *Pyrenae*. 31-32. 13-28.
- Álvarez, R., & Rauret, A. M. (1995). El Neolítico final en la cueva de les Pixarelles.
- Álvarez, R., & Rauret, A. M. (1996). El neolítico final en la cueva de les Pixarelles. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, (1), 439-445.

- Alves, R. R. N. (2018). The Ethnozoological Role of Working Animals in Traction and Transport. In *Ethnozoology* (pp. 339-349). Academic Press.
- Andúgar, L., & Saña, M. (2004). La gestió ramadera durant el II mil·lenni. *Cypsela*, 15, 209-228.
- Antolín, F., & Berihuete, M. (2017). De tal palo tal astilla: integrando etnobotánica y arqueobotánica en el estudio del uso de plantas silvestres comestibles, 107-130.
- Antolín, F., Buxó, R., Jacomet, S., Navarrete, V., & Saña, M. (2014). An integrated perspective on farming in the early Neolithic lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain). *Environmental Archaeology*, 19(3), 241-255.
- Antolín, F., Navarrete, V., Saña, M., Viñerta, Á., & Gassiot, E. (2018). Herders in the mountains and farmers in the plains? A comparative evaluation of the archaeobiological record from Neolithic sites in the eastern Iberian Pyrenees and the southern lower lands. *Quaternary International*, 484, 75-93.
- Applegate, A., Gautier, A., & Duncan, S. (2001). The north tumuli of the Nabta Late Neolithic ceremonial complex. In *Holocene settlement of the Egyptian Sahara* (pp. 468-488). Springer, Boston, MA.
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Romagosa, I., & Molist, M. (2001). FOCUS: Estimated wheat yields during the emergence of agriculture based on the carbon isotope discrimination of grains: evidence from a 10th millennium BP site on the Euphrates. *Journal of Archaeological Science*, 28(4), 341-350.
- Arbuckle, B. S. (2005). Experimental animal domestication and its application to the study of animal exploitation in Prehistory, *First Steps of Animal Domestication*, edited by Vigne J.-D., Peters J., Helmer D.
- Arbuckle, B.S., Kansa, S. W., Kansa, E., Orton, D., Çakırlar, C., Gourichon, L., Buitenhuis, H.(2014). Data Sharing reveals complexity in the westward spread of domestic animals across Neolithic Turkey. *PLoS One*: 9(6), pp. e99845.
- Aubron, C., DePuydt, J., Belon, F., Bailey, M., Schmidt, M., Sheldrake, J., ... & Pellegrino, V. (2016). Predictive factors of bleeding events in adults undergoing extracorporeal membrane oxygenation. *Annals of intensive care*, 6(1), 97.
- Aurenche, O., & Kozłowski, S. K. (2003). *El origen del neolítico en el Próximo Oriente: el paraíso perdido*. Ariel.
- Aurenche, O., Galet, P., Régagnon-Caroline, E., & Évin, J. (2001). Proto-Neolithic and Neolithic cultures in the Middle East—the birth of agriculture, livestock raising, and ceramics: A calibrated 14 C chronology 12,500-5500 cal BC. *Radiocarbon*, 43(3), 1191-1202.
- Baharav, D., & Meiboom, U. (1981). The status of the Nubian ibex *Capra ibex nubiana* in the Sinai Desert. *Biological Conservation*, 20(2), 91-97.

- BALASSE, M. (2003). Keeping the young alive to stimulate milk production? Differences between cattle and small stock. *Anthropozoologica*, (37), 3-10.
- Balasse, M. (2014). Isotopic studies of husbandry practices. *Encyclopedia of global archaeology*, 4120-4128.
- Balasse, M., & Ambrose, S. H. (2005). Distinguishing sheep and goats using dental morphology and stable carbon isotopes in C4 grassland environments. *Journal of Archaeological Science*, 32(5), 691-702.
- Balasse, M., & Tresset, A. (2002). Early weaning of Neolithic domestic cattle (Bercy, France) revealed by intra-tooth variation in nitrogen isotope ratios. *Journal of Archaeological Science*, 29(8), 853-859.
- Balasse, M., Bocherens, H., Tresset, A., Mariotti, A., & Vigne, J. D. (1997). Émergence de la production laitière au Néolithique? Contribution de l'analyse isotopique d'ossements de bovins archéologiques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIA-Earth and Planetary Science*, 325(12), 1005-1010.
- Balasse, M., Cucchi, T., Evin, A., Bălăşescu, A., Frémondeau, D., & Horard-Herbin, M. P. (2018). Wild game or farm animal? Tracking human-pig relationships in ancient times through stable isotope analysis. In *Hybrid Communities* (pp. 81-96). Routledge.
- Balasse, M., Tornero, C., Evin, A., Tresset, A., Frémondeau, D., Cucchi, T., Ughetto-Monfrin, J. & Balasescu, A. (2015). The place of domestic pig in the Romanian Gumelnița (5th millennium BC): insights from the zooarchaeological analysis of Borduşani-Popină, Hârşovatei and Vităneşti Măgurice. In *Social Dimensions of Food in the Prehistory of the Eastern Balkans and Neighbouring Areas, Date: 2015/04/30-2015/05/02, Location: Heidelberg (Germany)*.
- Barker, G. (2005). Agriculture, pastoralism, and Mediterranean landscapes in prehistory. *The archaeology of Mediterranean prehistory*, 46-76.
- Barnett, W. K. (2000). Cardial pottery and the agricultural transition in Mediterranean Europe. *Europe's first farmers*, 93-116.
- Barone, R. (1976). *Anatomie comparée des mammifères domestiques* (Vol. 3, pp. 179-185). Paris: Vigot.
- Bar-Oz, G., Zeder, M., & Hole, F. (2011). Role of mass-kill hunting strategies in the extirpation of Persian gazelle (*Gazella subgutturosa*) in the northern Levant. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(18), 7345-7350.
- Bartosiewicz, L., & Gál, E. (2013). *Shuffling nags, lame ducks: The archaeology of animal disease*. Oxbow books.
- Bartosiewicz, L., Van Neer, W., & Lentacker, A. (1997). Draught cattle: their osteological identification and history.

- Bar-Yosef, O. (1998). On the nature of transitions: the Middle to Upper Palaeolithic and the Neolithic Revolution. *Cambridge Archaeological Journal*, 8(2), 141-163.
- Bar-Yosef, O. (2001, January). From sedentary foragers to village hierarchies: the emergence of social institutions. In *PROCEEDINGS-BRITISH ACADEMY* (Vol. 110, pp. 1-38). OXFORD UNIVERSITY PRESS INC..
- Bar-Yosef, O., & Belfer-Cohen, A. (1989). The origins of sedentism and farming communities in the Levant. *Journal of World Prehistory*, 3(4), 447-498.
- Bar-Yosef, O., & Belfer-Cohen, A. (1992). From foraging to farming in the Mediterranean Levant. *Transitions to agriculture in prehistory*, 21-48.
- Bar-Yosef, O., & Meadow, R. H. (1995). The origins of agriculture in the Near East. Last hunters, first farmers: New perspectives on the prehistoric transition to agriculture, 39-94.
- Baskin, L. M. (1974). Management of ungulate herds in relation to domestication. *The Behavior of Ungulates and Its Relationship to Management. International Union for the Conservation of Nature, Morges, Switzerland*, 530-541.
- Baumann, M., Babotai, C., & Schibler, J. (2005). Native or naturalized? Validating Alpine chamois habitat models with archaeozoological data. *Ecological applications*, 15(3), 1096-1110.
- Beaumont, C., Roussot, O., Marissal-Avry, N., Mormède, P., Prunet, P., & Roubertoux, R. (2002). Génétique et adaptation des animaux d'élevage: introduction. *Productions Animales* 5 (15), 343-348.(2002).
- Becker, C. (1998). The role of hunting in Pre-Pottery Neolithic pastoralism and its ecological implications: the Basta example (Jordan). *Anthropozoologica*, 27, 67-78.
- Becker, C. (2004). Identification of sheep and goats: the evidence from Basta. *Basta I: the human ecology*, 219-278.
- Belyaev, D. K. (1979). Destabilizing selection as a factor in domestication. *Journal of Heredity*, 70(5), 301-308.
- Benzie, D., Boyne, A. W., Dalgarno, A. C., Duckworth, J., & Hill, R. (1959). Studies of the skeleton of the sheep. III. The relationship between phosphorous intake and resorption and repair of the skeleton in pregnancy and lactation. *The Journal of Agricultural Science*, 52(1), 1-12.
- Benzie, D., Boyne, A. W., Dalgarno, A. C., Duckworth, J., Hill, R., & Walker, D. M. (1955). Studies of the skeleton of the sheep I. The effect of different levels of dietary calcium during pregnancy and lactation on individual bones. *The Journal of Agricultural Science*, 46(4), 425-440.
- Benzie, D., Boyne, A. W., Dalgarno, A. C., Duckworth, J., Hill, R., & Walker, D. M. (1956). Studies of the skeleton of the sheep: II. The relationship between calcium intake and resorption



- and repair of the skeleton in pregnancy and lactation. *The Journal of Agricultural Science*, 48(2), 175-186.
- Bergsten, C., & Frank, B. (1996). Sole haemorrhages in tied primiparous cows as an indicator of periparturient laminitis: effects of diet, flooring and season. *Acta veterinaria scandinavica*, 37(4), 383-394.
- Berihuete-Azorín, M., Girbal, J., Piqué, R., Palomo, A., Terradas, X. (2018) Punk's not dead. Fungi for tinder at the Neolithic site of La Draga (NE Iberia). *PLoS ONE*
- Bernabeu, J. (2002). The social and symbolic context of Neolithization. In *El paisaje en el Neolítico mediterráneo. Saguntum, extra-5* (pp. 209-233).
- Bernabeu, J., Balaguer, L. M., Esquembre-Bebíá, M. A., Pérez, J. R. O., & Soler, J. D. D. B. (2009). La cerámica impresa mediterránea en el origen del Neolítico de la península Ibérica. In *De Méditerranée et d'ailleurs...: mélanges offerts à Jean Guilaine* (pp. 83-96).
- Bersaglieri, T., Sabeti, P. C., Patterson, N., Vanderploeg, T., Schaffner, S. F., Drake, J. A., ... & Hirschhorn, J. N. (2004). Genetic signatures of strong recent positive selection at the lactase gene. *The American Journal of Human Genetics*, 74(6), 1111-1120.
- Bex, M., & Bouillon, R. (2003). Growth hormone and bone health. *Hormone Research in Paediatrics*, 60(Suppl. 3), 80-86.
- Biewener, A. A., & Taylor, C. R. (1986). Bone strain: a determinant of gait and speed?. *Journal of Experimental Biology*, 123(1), 383-400.
- Binford, L. R. (1981). Behavioral archaeology and the "Pompeii premise". *Journal of anthropological research*, 37(3), 195-208.
- Binladen, J., Wiuf, C., Gilbert, M. T. P., Bunce, M., Barnett, R., Larson, G., ... & Willerslev, E. (2006). Assessing the fidelity of ancient DNA sequences amplified from nuclear genes. *Genetics*, 172(2), 733-741.
- Blecha, F., Pollman, D. S., & Nichols, D. A. (1983). Weaning pigs at an early age decreases cellular immunity. *Journal of Animal Science*, 56(2), 396-400.
- Bocherens, H., Billiou, D., Mariotti, A., Toussaint, M., Patou-Mathis, M., Bonjean, D., & Otte, M. (2001). New isotopic evidence for dietary habits of Neandertals from Belgium. *Journal of Human Evolution*, 40(6), 497-505.
- Boessneck, J., & von den Driesch, A. (1980). Finds of animal bones from four caves in southern Spain (original in German). *Studies on finds of early animal bones from the Iberian Peninsula*, 7.
- Bogaard, A. (2005). 'Garden agriculture' and the nature of early farming in Europe and the Near East. *World Archaeology*, 37(2), 177-196.

- Bogucki, P. (1993). Between east and west: Archaeology in the new eastern Europe. *Journal of Archaeological Research*, 1(2), 145-166.
- Bökönyi, S. (1989). Definitions of animal domestication. *The Walking Larder. Patterns of Domestication, Pastoralism, and Predation*, 24-27.
- Bonfiglio, S., Achilli, A., Olivieri, A., Negrini, R., Colli, L., Liotta, L., Ajmone-Marsan, P., Torroni, A. & Ferretti, L. (2010). The enigmatic origin of bovine mtDNA haplogroup R: sporadic interbreeding or an independent event of *Bos primigenius* domestication in Italy?. *PLoS One*, 5(12), e15760.
- Bookstein, F. L. (1997). *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press.
- Bopp-Ito, M., Cucchi, T., Evin, A., Stopp, B., & Schibler, J. (2018). Phenotypic diversity in Bronze Age pigs from the Alpine and Central Plateau regions of Switzerland. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, 38-46.
- Bosch A, Tarrús J. (2011) Els vasos ceràmics: una nova visió. Dins: Bosch A, Chinchilla J, Tarrús J, editors. El poblament lacustre del neolític antic de La Draga. Excavacions 2000–2005. Girona: CASC-Museu d'Arqueologia de Catalunya, 19–70
- BOSCH, A., PIQUÉ R., TARRÚS J., 2008. Las láminas de piedra pulimentada y su relación con los mangos de azuela en el poblado de La Draga. In: HERNÁNDEZ M., SOLER DÍAZ J., LÓPEZ PADILLA J.A. (eds.), Actas del IV congreso del Neolítico Peninsular Tomo I: 266-271. Alicante: MARQ Museo Arqueológico de Alicante. Diputación de Alicante
- Bosch, A., Chinchilla, J., & Tarrús, J. (2006). Els objectes de fusta del poblament neolític de la Draga: excavacions 1995–2005 (Monografies del CASC 6). *Girona: Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Museu d'Arqueologia de Catalunya*.
- Bosch, A., Chinchilla, J., & Tarrús, J. (2006). Els objectes de fusta del poblament neolític de la Draga. *Excavacions 1995–2005*.
- Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. (2000) El poblament lacustre neolític de La Draga. Excavacions de 1990 a 1998. Girona: CASC-Museu d'Arqueologia de Catalunya.
- Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. (2011) El poblament lacustre del neolític antic de La Draga. Excavacions 2000–2005. Girona: CASC-Museu d'Arqueologia de Catalunya.
- Bouza-Rodríguez, J. B., & Miramontes-Sequeiros, L. C. (2014). Three-dimensional biomechanical analysis of the bovine humerus. *Applied Bionics and Biomechanics*, 11(1-2), 13-24.
- Braidwood, R. J. (1957) Prehistoric Men. 3<sup>rd</sup> ed. *Chicago Natural History Museum Popular Series, Archaeology* 37.
- Braithwaite, G. D. (1983). Calcium and phosphorus requirements of the ewe during pregnancy and lactation: 2. Phosphorus. *British Journal of Nutrition*, 50(3), 723-736.

- Branch, N., Clark, P., Canti, M., & Turney, C. (2005). Environmental archaeology: Theoretical and practical approaches.
- Breu, A. (2019) Earliest pottery uses in the north-east of Iberia: orgànic residue analysis of vessels from the first farmers and herders. Phd. Dissertation. Departament de Prehistòria. Universitat Autònoma de Barcelona
- Breu, A., Alcántara, R., Arnaiz, R., Colomer, F., Moya, A., & Sisa, J. (2019) Detection, Recovery And Analysis Of Visible Bitumen Residues In Pottery From Tell Lashkir, Kurdistan, Iraq. X Jornadas de Jóvenes en Investigación Arqueológica. Burgos, 566-577
- Bronner, F. (2004). *Bone formation* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Brothwell, D. (1975). Possible evidence of a cultural practice affecting head growth in some late Pleistocene East Asian and Australasian populations. *Journal of Archaeological Science*, 2(1), 75-77.
- Bruckmaier, R. M., & Blum, J. W. (1992). B-mode ultrasonography of mammary glands of cows, goats and sheep during  $\alpha$ - and  $\beta$ -adrenergic agonist and oxytocin administration. *Journal of Dairy Research*, 59(2), 151-159.
- Budiansky, S. (1992). *The covenant of the wild: why animals chose domestication: with a new preface*. Yale University Press.
- Burjachs, F. (2000): El paisatge del Neolític antic: les dades palinològiques. Dins Bosch, A.; Chinchilla, J. i Tarrús, J. (coords.): El poblament lacustre neolític de La Draga. Excavacions de 1990-1998. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC (Monografies del CASC, 2), 46- 50. Girona.
- Burjachs, F., Blech, M., Marzoli, D., & Julià, R. (2000). Evolución del paisaje vegetal en relación con el uso del territorio en la Edad del Hierro en el NE de la Península Ibérica. *Série monogràfica*, 31-42.
- Burjachs, F., Pérez-Obiol, R., Roure, J. M., & Julià, R. (1994). Dinámica de la vegetación durante el Holoceno en la isla de Mallorca. *Trabajos de Palinología básica y aplicada*, 199-210.
- Burr, D. B., Robling, A. G., & Turner, C. H. (2002). Effects of biomechanical stress on bones in animals. *Bone*, 30(5), 781-786.
- Buxó, R., & Piqué, R. (2000). La recogida de las muestras en arqueobotánica: Objetivos y propuestas metodológicas. Encuentro del Grupo de Trabajo de Arqueobotánica de la Península Ibérica.
- Buxó, R., & Rovira, N. (2013). Tell Halula: arqueobotánica de los restos de semillas y frutos. *Tell Halula: un poblado de los primeros agricultores en el valle del Éufrates, Siria*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 259-389.

- Buxó, R., & Rovira, N. (2013). Tell Halula: arqueobotánica de los restos de semillas y frutos. *Tell Halula: un poblado de los primeros agricultores en el valle del Éufrates, Siria. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte*, 259-389.
- Cahill, S., Llimona, F., & Gràcia, J. (2003). Spacing and nocturnal activity of wild boar *Sus scrofa* in a Mediterranean metropolitan park. *Wildlife Biology*, 9(4), 3-13.
- Campbell, N. A., & Atchley, W. R. (1981). The geometry of canonical variate analysis. *Systematic Biology*, 30(3), 268-280.
- Canington, S. L., Sylvester, A. D., Burgess, M. L., Junno, J. A., & Ruff, C. B. (2018). Long bone diaphyseal shape follows different ontogenetic trajectories in captive and wild gorillas. *American journal of physical anthropology*, 167(2), 366-376.
- Carlson, K. J., & Judex, S. (2007). Increased non-linear locomotion alters diaphyseal bone shape. *Journal of Experimental Biology*, 210(17), 3117-3125.
- Carlús, X., & de Castro, Ó. (2014). L'establiment calcolític de Bosc del Quer (Sant Julià de Vilatorra, Osona, Barcelona). Estudi de les principals estructures i de les ceràmiques d'estil campaniforme. *Cypsela*, (20), 63-84.
- CARLÚS, X., DE CASTRO, Ò. 2014, El Bosc del Quer (Sant Julià de Vilatorra, Osona). Un nou establiment del Calcolític – Bronze a la plana osonenca, actes de les II Jornades d'Arqueologia de la Catalunya Central (Museu Episcopal de Vic, 13-15 de desembre de 2012), Barcelona, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya – Museu Episcopal de Vic, 20-31.
- Carruthers, D., Dennis, S., Finlayson, B., & Mithen, S. (2007). The mammalian faunal remains. *The early prehistory of Wadi Faynan, southern Jordan: archaeological survey of Wadis Faynan, Ghuwayr and al-Bustan and evaluation of the Pre-Pottery Neolithic A site of WF16*, 372-86.
- Carter, D. R. (1984). Mechanical loading histories and cortical bone remodeling. *Calcified tissue international*, 36(1), S19-S24.
- Carter, D. R., & Beaupré, G. S. (2001). *Skeletal function and form: mechanobiology of skeletal development, aging, and regeneration*. Cambridge University Press.
- Caruso, L., i Piqué, R. (2014). Landscape and forest exploitation at the ancient Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). *The Holocene*, 24(3), 266-273.
- Castaños, P. (1983). Estudio de los restos óseos de la cueva de «Chaves». *Bolskan*, 1, 125-135.
- Castaños, P. (2004). Estudio arqueozoológico de los macromamíferos del Neolítico de la Cueva de Chaves (Huesca). *Saldvie*, 4, 125-171.
- Castany, J. (1981). El Neolític a la comarca d'Osona: Les Griuteres. *El Neolític a Catalunya*, 137-144.

- Castany, J. (1982). Del Neolític Mitjà-Antic al Bronze Final a Osona. *Ausa*, 10(102-104), 61-71.
- Castany, J. (1995). *Les coves prehistòriques de les Grioterres:(Vilanova de Sau, Osona)*. Patronat d'Estudis Ausonencs.
- Cauvin, J. (1977). Les fouilles de Mureybet (1971-1974) et leur signification pour les origines de la sédentarisation au Proche-Orient. *Annual of the American Schools of Oriental Research*, 44, 19.
- Cauvin, J. (1978). Les premiers villages de Syrie-Palestine du IXème au VIIème millénaire avant JC [= Collection de la Maison de l'Orient méditerranéen ancien 4]. *Lyon: Maison de l'Orient*.
- Cauvin, J. (1994). Naissance des divinités, naissance de l'agriculture: la révolution des symboles au néolithique. Cambridge University Press.
- Cauvin, J. (1997). *Naissance des divinités, naissance de l'agriculture: la révolution des symboles au néolithique*. Cambridge University Press.
- Cauvin, M. C. & Balkan-Atli, N. (1985): "Cafer Höyük : Analyse de l'outillage lithique (campagnes 1982-1983). Problèmes typologiques et chronologiques", *Cahiers de l'Euphrate*, 4, pp: 53-85.
- Cauvin, M. C. (1988). L'industrie lithique en Turquie orientale au VIIe millénaire. *Anatolica*, 15, 25-35.
- Cauvin, M. C. (2002). L'obsidienne et sa diffusion dans le Proche-Orient Néolithique. *Matériaux, productions, circulations du Néolithique à l'Age du Bronze. Séminaire du Collège de France. Paris: Errance*, 13-7.
- Chaix, L.; Desse, J. (1994) L'os et sa mesure. *Archéozoologie et archéométrie. Histoire et mesures*, IX-314, pp. 339-363
- Chamberlain, A. T., & Forbes, S. T. (2001). A preliminary study of microscopic evidence for lactation in cattle. *Proceedings of the International Council for Archaeozoology*.
- Charters, S., Evershed, R. P., Quye, A., Blinkhorn, P. W., & Reeves, V. (1997). Simulation experiments for determining the use of ancient pottery vessels: the behaviour of epicuticular leaf wax during boiling of a leafy vegetable. *Journal of Archaeological Science*, 24(1), 1-7.
- Clark, J. L. (1974). *The great arc of the wild sheep*. Norman: University of Oklahoma Press
- Clemente-Conte, I., i Cuenca, D. (2011). Instrumentos de trabajo de concha en el yacimiento Neolítico de La Draga. Dins *El poblado lacustre del neolítico antic de La Draga. Excavacions 2000-2005*, 106-112
- Clop, X., Alvarez, A., & Reche, J. (2000). Els recursos minerals. *El poblado lacustre neolítico de la Draga (excavacions 1990-1998)*. *Monografies del CASC*, 2, 123-128.

- Clutton-Brock, J. (1999). *A natural history of domesticated mammals*. Cambridge University Press.
- Coelho, M., Luiselli, D., Bertorelle, G., Lopes, A. I., Seixas, S., Destro-Bisol, G., & Rocha, J. (2005). Microsatellite variation and evolution of human lactase persistence. *Human genetics*, *117*(4), 329-339.
- Colominas Barberà, L., Evin, A., Campmajó, P., Casas, J., Castanyer i Masoliver, P., Carreras Monfort, C., i Palet i Martínez, J. M. (2019). Behind the steps of ancient sheep mobility in Iberia: new insights from a geometric morphometric approach. *Archaeological and Anthropological Sciences*, September 2019, Volume 11, Issue 9, pp 4971–4982.
- Cooke, S. B. & Terhune, C.E. 2015. Form, function and geometric morphometrics. *THE ANATOMICAL RECORD* 298:5–28
- Coqueugniot, E. (2000). Dja'de (Syrie), un village à la veille de la domestication (seconde moitié du IX<sup>e</sup> ème millénaire av. J.-C.). *Premiers paysans du monde. Naissances des agricultures, Séminaire du Collège de France, éditions Errance, Paris*, 61-79.
- Coqueugniot, E. (2014) Dja'de (Syria) and the 9th millennium cal. BC symbolic representations. In J. Guilaine, C. Manen and T. Perrin (eds), *Transitions en Méditerranée ou Comment des Chasseurs Devinrent Agriculteurs (Epipaléolithique, Mésolithique, Néolithique Ancien)*. Toulouse: Errance.
- Cowin, S. C. (1983). The mechanical and stress adaptive properties of bone. *Annals of biomedical engineering*, *11*(3-4), 263-295.
- Cruells, W. (2005). *Orígens, emergència i desenvolupament de la ceràmica Halaf a Síria* (Doctoral dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona).
- Cruells, W., & Molist. M. (1982). Un nou jaciment prehistòric a la Vall del Ter: Can Feló (Tavertet). *Ausa*, *10*(102), 73-81.
- Cruells, W., Molist, M., & Tunca, Ö. (2004). Tell Amarna in the general framework of the Halaf period. Ö. *Tunca et M. Molist (eds.)*, *Tell Amarna (Syrie)*, *1*, 261-278.
- Cucchi, T., & Evin, A. M. J. (2015). Morphométrie géométrique et archéozoologie: Concepts, méthodes et applications. In *Messages d'os Archéométrie du squelette animal et humain* (pp. 197-216). Editions des archives contemporaines.
- Cucchi, T., Dai, L., Balasse, M., Zhao, C., Gao, J., Hu, Y., Yuan, J. & Vigne, J. D. (2016). Social complexification and pig (*Sus scrofa*) husbandry in ancient China: a combined geometric morphometric and isotopic approach. *PloS one*, *11*(7), e0158523.
- Cucchi, T., Fujita, M., & Dobney, K. (2009). New insights into pig taxonomy, domestication and human dispersal in Island South East Asia: molar shape analysis of *Sus* remains from Niah Caves, Sarawak. *International Journal of Osteoarchaeology*, *19*(4), 508-530.

- Cucchi, T., Hulme-Beaman, A., Yuan, J., & Dobney, K. (2011). Early Neolithic pig domestication at Jiahu, Henan Province, China: clues from molar shape analyses using geometric morphometric approaches. *Journal of Archaeological Science*, 38(1), 11-22.
- Currey, J. D., & Shahar, R. (2013). Cavities in the compact bone in tetrapods and fish and their effect on mechanical properties. *Journal of structural biology*, 183(2), 107-122.
- Daegling, D. J. (2002). Estimation of torsional rigidity in primate long bones. *Journal of human evolution*, 43(2), 229-239.
- Daiy K. G., Delsler P. M., Mullin V. E., Scheu A., Mattiangeli V., Teassale M. D., Bare A. J., Burger J., Verdugo M. P., Collins M. J., Kehati R., Ereğ C. M., Bar-Oz G., Pompanon F., Cumer T., Çakırlar C., Mohaseb A. F., Decruyenaere D., Davoudi H., Çevik Ö., Rollefson G., Vigne J.-D., Khazaeli R., Fathi H., Doost S. B., Sorkhani R. R., Vahdati A. A., Sauer E. W., Kharanaghi H. A., Maziar S., Gasparian B., Pinhasi R., Martin L., Orton D., Arbuckle B. S., Benecke N., Manica A., Horwitz L. K., Mashkour M. & Bradley D. G. (2018). Ancient goat genomes reveal mosaic domestication in the Fertile Crescent. *Science*, 361(6397), 85-88.
- Daly, Patricia, Dexter Perkins, Jr., and Isabella M. Drew 1973 The Effects of Domestication in the Structure of Animal Bones. In *Domestikationsforschung und Geschichte der Haustiere*, edited by J. Matolsci, pp. 157-61. Budapest: Akadémiai Kiad.
- Daniels, T. J., & Bekoff, M. (1989). Feralization: the making of wild domestic animals. *Behavioural processes*, 19(1-3), 79-94.
- Darwin, C. R. (1868). Variation of plants and animals under domestication.
- Davis S. J. M. (1987). The archaeology of animals. *Yale University Press, Haven and London*.
- Davis, S. J. (1984). The advent of milk and wool production in western Iran: some speculations. *Animals and archaeology*, 3, 265-78.
- Davis, S. J. (1993). The zoo-archaeology of sheep and goat in Mesopotamia. *Domestic animals of Mesopotamia part I, Bulletin on Sumerian Agriculture*, 7, 1-7
- Davis, S. J. (2000). The effect of castration and age on the development of the Shetland sheep skeleton and a metric comparison between bones of males, females and castrates. *Journal of Archaeological Science*, 27(5), 373-390.
- Davis, S. J. M. (1981). The Effects of Temperature Change and Domestication on the Body Size of Late Pleistocene to Holocene Mammals of Israel. *Paleobiology* 7: 101-114.
- De Cupere, B., Lentacker, A., Van Neer, W., Waelkens, M., & Verslype, L. (2000). Osteological evidence for the draught exploitation of cattle: first applications of a new methodology. *International Journal of Osteoarchaeology*, 10(4), 254-267..
- Decker, J. E., McKay, S. D., Rolf, M. M., Kim, JW. Alcalá, A. M., Sonstegard T. S., Hanotte, O., Götherström, A., Seabury, C. M., Praharani, L., Babar, M. E., Regitano, L. C. A., Yildiz, M. A., Heaton, M. P., Liu, W-S., Lei, C-Z. Reecy, J. M., Saif-Ur-Rehman, M., Schnabel, R. D.

- & Taylor, J. F. (2014). Worldwide patterns of ancestry, divergence, and admixture in domesticated cattle. *PLoS genetics*, 10(3), e1004254.
- Dementiev, G. P. (1958). Quelques notes sur l'aurochs. *Mammalia*, 22(1-4), 161-167.
- Demirci, S., Baştanlar, E. K., Dağtaş, N. D., Pişkin, E., Engin, A., Özer, F., Yüncü E., Doğan S. A. & Togan, İ. (2013). Mitochondrial DNA diversity of modern, ancient and wild sheep (*Ovis gmelinii anatolica*) from Turkey: new insights on the evolutionary history of sheep. *PloS one*, 8(12), e81952.
- Deng, F. M. (1972). *The Dinka of the Sudan* (p. 24). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Desmeulles, V. (2001). Les pratiques funéraires du PPNB Ancien de Syrie. *Étude de cas: Dja'de el Mughara. Master Disertation, Paris. Université de Paris, 1.*
- Desse, J., & Chaix, L. (1994). L'os et sa mesure. *Archéozoologie et archéométrie. Histoire & mesure*, 9(3), 339-363.
- Diamond, J. (2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, 418(6898), 700.
- Diamond, J. M., & Ordunio, D. (1999). *Guns, germs, and steel*. Books on Tape.
- Doblaré, M., Garcia, J. M., & Gómez, M. J. (2004). Modelling bone tissue fracture and healing: a review. *Engineering Fracture Mechanics*, 71(13-14), 1809-1840.
- Dobney, K., & Ervynck, A. (1998). A protocol for recording linear enamel hypoplasia on archaeological pig teeth. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8(4), 263-273.
- Dobney, K., & Ervynck, A. (2000). Interpreting developmental stress in archaeological pigs: the chronology of linear enamel hypoplasia. *Journal of archaeological Science*, 27(7), 597-607.
- Dobney, K., & Larson, G. (2006). Genetics and animal domestication: new windows on an elusive process. *Journal of Zoology*, 269(2), 261-271.
- Dobney, K., Cucchi, T., & Larson, G. (2008). The pigs of Island Southeast Asia and the Pacific: new evidence for taxonomic status and human-mediated dispersal. *Asian Perspectives*, 47(1), 59-74.
- Dottrens, E. (1946). Étude préliminaire: les phalanges osseuses de *Bos taurus domesticus*. *Rev. suisse de Zool*, 53(33), 739-774.
- Doyle, R., & Moran, J. (2015). *Cow talk: understanding dairy cow behaviour to improve their welfare on Asian farms*. Csiro Publishing.
- Drew, I. M., Perkins Jr, D., & Daly, P. (1971a). (Reply to McConnell & Foreman). *Science*, 172, 972-973.
- Drew, I. M., Perkins Jr, D., & Daly, P. (1971a). Prehistoric domestication of animals: effects on bone structure. *Science*, 171, 280-282.



- Duckworth, G. E. (1962). *Structural patterns and proportions in Vergil's Aeneid*. University of Michigan Press.
- Duckworth, G. E. (1962). *Structural patterns and proportions in Vergil's Aeneid: a study in mathematical composition*. University of Michigan Press.
- Ducos, P. (1978). "Domestication" Defined and Methodological Approaches to Its Recognition in Faunal Assemblages (pp. 53-56). Peabody Museum of archaeology and ethnology.
- Ducos, P. (1989). Defining domestication: a clarification. *The walking larder: Patterns of domestication, pastoralism, and predation*, 28-30.
- Duval, C., Cucchi, T., Horard-Herbin, M. P., & Lepetz, S. (2018). The development of new husbandry and economic models in Gaul between the Iron Age and the Roman Period: New insights from pig bones and teeth morphometrics. *Journal of Archaeological Science*, 99, 10-18.
- Duval, C., Lepetz, S., Horard-Herbin, M. P., & Cucchi, T. (2015). Did Romanization impact Gallic pig morphology? New insights from molar geometric morphometrics. *Journal of Archaeological Science*, 57, 345-354.
- Dwyer, P. D. (1996). Boars, barrows, and breeders: The reproductive status of domestic pig populations in mainland New Guinea. *Journal of Anthropological Research*, 52(4), 481-500.
- Dyson, R. H. (1953). Archeology and the Domestication of Animals in the Old World. *American Anthropologist*, 55(5), 661-673.
- Ebersbach, R. (2010). My farmland—our livestock. Forms of subsistence farming and forms of sharing in peasant communities. *The Principle of Sharing. Segregation and Construction of Social Identities at the Transition from Foraging to Farming*. Berlin: *Ex Oriente (Studies in early Near Eastern production, subsistence, and environment 14)*, 159-82.
- Ervynck, A., & Dobney, K. (2002). of Second Farrowing in Archaeological Pig Populations. *Archaeofauna*, 100, 7-22.
- Ervynck, A., Dobney, K., Hongo, H., & Meadow, R. (2001). — Born free? New evidence for the status of *Sus scrofa* at Neolithic Cayönü Tepesi (southeastern Anatolia, Turkey). *Paléorient* 27 (2): 47-73
- Esin, U. (2003). La culture acéramique néolithique d'Aşikli. *Les Dossiers d'archéologie*, (281), 48-53.
- Evans-Pritchard, E. E. (1940). The Nuer: A description of the modes of livelihood and political institutions of a Nilotic people.
- Evershed, R. P. (2008). Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution. *Archaeometry*, 50(6), 895-924.

- Evershed, R. P., Dudd, S. N., Copley, M. S., Berstan, R., Stott, A. W., Mottram, H., ... & Crossman, Z. (2002). Chemistry of archaeological animal fats. *Accounts of chemical research*, 35(8), 660-668.
- Evershed, R. P., Heron, C., & Goad, L. J. (1990). Analysis of organic residues of archaeological origin by high-temperature gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *Analyst*, 115(10), 1339-1342.
- Evershed, R. P., Payne, S., Sherratt, A. G., Copley, M. S., Coolidge, J., Urem-Kotsu, D., ... & Akkermans, P. M. (2008). Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding. *Nature*, 455(7212), 528.
- Evershed, R., Vaughan, S., Dudd, S., & Soles, J. (1997). Fuel for thought? Beeswax in lamps and conical cups from Late Minoan Crete. *Antiquity*, 71(274), 979-985.
- Evin, A., Dobney, K., & Cucchi, T. (2017). A history of pig domestication: new ways of exploring a complex process. In *Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries*. Cambridge University Press.
- Evin, A., L.G. Flink, A. Balaşescu, D. Popovici, A. Andreescu, D. Bailey, P. Mirea, C. Lazar, A. Boroneant, C. Bonsall, U. Strand Vidarsdottir, S. Brehard, A. Tresset, T. Cucchi, G. Larson, and K. Dobney (2015). Unravelling the Complexity of Domestication: A Case Study Using Morphometrics and Ancient DNA Analyses of Archaeological Pigs from Romania. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 370: 1-7.
- Evin, A., T. Cucchi, A. Cardini, U.S. Vidarsdottir, G. Larson, and K. Dobney. (2013). The Long and Winding Road: Identifying Pig Domestication through Molar Size and Shape. *Journal of Archaeological Science* 40: 735-743
- Evin, G., Thyer, M., Kavetski, D., McInerney, D., & Kuczera, G. (2014). Comparison of joint versus postprocessor approaches for hydrological uncertainty estimation accounting for error autocorrelation and heteroscedasticity. *Water Resources Research*, 50(3), 2350-2375.
- Falconer, D.S., & Mackay T. F. C. (1996) Introduction to quantitative genetics. 4th edition. Longman, Harlow, United Kingdom.
- Fernández-Llario, P. (1996). *Ecología del jabalí en Doñana: parámetros reproductivos e impacto ambiental* (Doctoral dissertation, Universidad de Extremadura).
- Fernández-Llario, P. (2005). The sexual function of wallowing in male wild boar (*Sus scrofa*). *Journal of Ethology*, 23(1), 9-14.
- Fernández-Llario, P., & Mateos-Quesada, P. (1998). Body size and reproductive parameters in the wild boar *Sus scrofa*. *Acta Theriologica*, 43, 439-444.
- Fernández-Llario, P., & Mateos-Quesada, P. (2005). Influence of rainfall on the breeding biology of wild boar (*Sus scrofa*) in a Mediterranean ecosystem. *Folia Zoologica*, 54(3), 240.

- Fernández-Llario, P., Carranza, J., & Mateos-Quesada, P. (1999). Sex allocation in a polygynous mammal with large litters: the wild boar. *Animal Behaviour*, 58(5), 1079-1084.
- Ferrio, J. P., Mateo, M. A., Bort, J., Abdalla, O., Voltas, J., & Araus, J. L. (2007). Relationships of grain  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  with wheat phenology and yield under water-limited conditions. *Annals of Applied Biology*, 150(2), 207-215.
- Fijn, N. (2011). *Living with herds: Human-animal coexistence in Mongolia*. Cambridge University Press.
- Flatz, G., & Rotthauwe, H. W. (1977). The human lactase polymorphism: physiology and genetics of lactose absorption and malabsorption. *Progress in medical genetics*, 2, 205-249.
- Frantz, L. A., Haile, J., Lin, A. T., Scheu, A., Geörg, C., Benecke, N., ... & Battista, V. M. (2019). Ancient pigs reveal a near-complete genomic turnover following their introduction to Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(35), 17231-17238.
- Frémondeau, D., Nuviala, P., Duval, C., (2017). Pigs and cattle in Gaul: the role of Gallic societies in the evolution of husbandry practices. *Eur. J. Archaeol.* 20 (3), 494–509. (Pigs and cattle in Gaul: the role of Gallic societies in the evolution of husbandry
- Frost, H. M. (1964). *The Laws of Bone Structure*. Springfield IL. *Charles C. Thomas*.
- García Petit, L., & Pons i Brun, E. (2010). Caça i domesticació d'ocells al jaciment ibèric de Mas Castellar. *SAGVNTVM Extra*, 9, 223-232
- Garn, S. M., Guzmán, M. A., & Wagner, B. (1969). Subperiosteal gain and endosteal loss in protein-calorie malnutrition. *American Journal of Physical Anthropology*, 30(1), 153-155.
- Geenty, K. G., & Sykes, A. R. (1986). Effect of herbage allowance during pregnancy and lactation on feed intake, milk production, body composition and energy utilization of ewes at pasture. *The Journal of Agricultural Science*, 106(2), 351-367.
- Geist, V. (1971). *Mountain sheep. A study in behavior and evolution*. University of Chicago Press.
- Gerbault, P., Liebert, A., Itan, Y., Powell, A., Currat, M., Burger, J., ... Thomas, M. G. (2011). Evolution of lactase persistence: An example of human niche construction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1566), 863–877.
- Gerling, C., Doppler, T., Heyd, V., Knipper, C., Kuhn, T., Lehmann, M. F., ... & Schibler, J. (2017). High-resolution isotopic evidence of specialised cattle herding in the European Neolithic. *PloS one*, 12(7), e0180164.
- Germonpré, M., Lázničková-Galetová, M., & Sablin, M. V. (2012). Palaeolithic dog skulls at the Gravettian Předmostí site, the Czech Republic. *Journal of Archaeological Science*, 39(1), 184-202.

- Gibbs R. A., Taylor J. F., Van Tassell C. P. (2009). Genome-wide survey of SNP variation uncovers the genetic structure of cattle breeds. *Science*, 324(5926), 528-532.
- Gilbert, A. S. (1989). Microscopic Bone Structure in wild and domestic animals: a reappraisal. In *Early Animal Domestication and Its Cultural Context* (pp. 47–86).
- Gilligan, D. M., & Frankham, R. (2003). Dynamics of genetic adaptation to captivity. *Conservation Genetics*, 4(2), 189-197.
- Gillis, R., Bréhard, S., Bălăşescu, A., Ughetto-Monfrin, J., Popovici, D., Vigne, J. D., & Balasse, M. (2013). Sophisticated cattle dairy husbandry at Borduşani-Popină (Romania, fifth millennium BC): the evidence from complementary analysis of mortality profiles and stable isotopes. *World Archaeology*, 45(3), 447-472.
- Gillis, R., Carrère, I., Saña, M., Radi, G., Vigne, J.D. (2014). “Neonatal Mortality, Young Calf Slaughter and Milk Production during the Early Neolithic of North Western Mediterranean” in *International Journal of Osteoarchaeology*
- Goe, M. R., & MacDowell, R. E. (1980). Animal traction: guidelines for utilization.
- Goodall, C.R. (1995) *Procrustes methods in the statistical analysis of shape revisited*. In: Mardia, K.V., Gill, C.A. (Eds.), *Current Issues in Statistical Shape Analysis*. University of Leeds Press, 18-33.
- Götherström, A., Fischer, C., Lindén, K., & Lidén, K. (1995). X-raying ancient bone: a destructive method in connection with DNA analysis. *Laborativ Arkeologi*, 8, 26-28.
- Goulder, J. (2016). Fair exchange: utilisation of working animals (and women) in ancient Mesopotamia and modern Africa. *Anthropology of the Middle East*, 11(1), 66-84.
- Grandin, T. (1997). Assessment of stress during handling and transport. *Journal of animal science*, 75(1), 249-257.
- Grandin, T., & Deesing, M. J. (1998). Genetics and animal welfare. In *Genetics and the behavior of domestic animals* (pp. 319-346). Academic Press.
- Grant, A. (1982). The use of tooth wear as a guide to the age of domestic animals. *Ageing and sexing animal bones from archaeological sites*, 91-108.
- Grayson, D. K. (2001). The archaeological record of human impacts on animal populations. *Journal of World Prehistory*, 15(1), 1-68.
- Grayson, D. K., & Delpech, F. (2005). Pleistocene reindeer and global warming. *Conservation Biology*, 19(2), 557-562.
- Greenfield, H. J., & Arnold, E. R. (2015). ‘Go (a) t milk?’ New perspectives on the zooarchaeological evidence for the earliest intensification of dairying in south eastern Europe. *World Archaeology*, 47(5), 792-818.

- Grieshaber, B. M., Osborne, D. L., Doubleday, A. F., & Kaestle, F. A. (2008). A pilot study into the effects of X-ray and computed tomography exposure on the amplification of DNA from bone. *Journal of Archaeological Science*, 35(3), 681-687.
- Grigson, C. (1991). An African origin for African cattle? some archaeological evidence. *African Archaeological Review*, 9(1), 119-144.
- Grigson, C., Blench, R., & MacDonald, K. (2000). *Bos africanus* (Brehm)? Notes on the archaeozoology of the native cattle of Africa. *The origins and development of African livestock: Archaeology, genetics, linguistics and ethnography*, 38-60.
- Gross, M.R., (1998). One species with two biologies: Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the wild and in aquaculture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55 (Suppl. 1), 131–144
- Guede, D., González, P., & Caeiro, J. R. (2013). Biomecánica y hueso (I): Conceptos básicos y ensayos mecánicos clásicos. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 5(1), 43-50.
- Guerrero, E., Molist, M., Kuijt, I., & Anfruns, J. (2009). Seated memory: new insights into Near Eastern Neolithic mortuary variability from Tell Halula, Syria. *Current Anthropology*, 50(3), 379-391.
- Gunz, P., & Mitteroecker, P. (2013). Semilandmarks: a method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 24(1), 103-109.
- Habibi, K. (1994). *The desert ibex: life history, ecology and behaviour of the Nubian ibex in Saudi Arabia*. National Commission for Wildlife Conservation and Development (NCWCD).
- Halstead, P. (1998). Ask the fellows who lop the hay: leaf-fodder in the mountains of northwest Greece. *Rural History*, 9(2), 211-234.
- Halstead, P. (1998). Mortality models and milking: problems of uniformitarianism, optimality and equifinality reconsidered. *Anthropozoologica*, (27), 3–19. Retrieved from
- Halstead, P., Collins, P., & Isaakidou, V. (2002). Sorting the sheep from the goats: morphological distinctions between the mandibles and mandibular teeth of Adult *Ovis* and *Capra*. *Journal of archaeological science*, 29(5), 545-553.
- Hamilton, J., Hedges, R. E., & Robinson, M. (2009). Rooting for pigfruit: pig feeding in Neolithic and Iron Age Britain compared. *Antiquity*, 83(322), 998-1011.
- Hammer, Ø., & Harper, D. A. (2008). *Paleontological data analysis*. John Wiley & Sons.
- Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 9.
- Hammond, J. i Appleton AB. (1932). Growth and development of mutton qualities in the sheep. Edinburgh: Oliver & Boyd.

- Hanotte, O., Bradley, D. G., Ochieng, J. W., Verjee, Y., Hill, E. W., & Rege, J. E. O. (2002). African pastoralism: genetic imprints of origins and migrations. *Science*, 296(5566), 336-339.
- Harlan, J. R. (1976). Plant and animal distribution in relation to domestication. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 275(936), 13-25.
- Harris, D. R., 1996. The origins and spread of agriculture and pastoralism in Eurasia: an overview. En: Harris D.R. (Ed.). The origins and spread of agriculture and pastoralism in Eurasia. University College London Press, Londres, 552-573
- Harris, D. R., 1996. The origins and spread of agriculture and pastoralism in Eurasia: an overview. En: Harris D.R. (Ed.). The origins and spread of agriculture and pastoralism in Eurasia. University College London Press, Londres, 552-573
- Hecker, H. M. (1975). The faunal analysis of the primary food animals from Pre-Pottery Neolithic Beidha. *University Microfilms International. PhD thesis: Columbia University.*(1982) Domestication revisited: its implications for faunal analysis. *Journal of Field Archaeology*, 9, 217-236.
- Hecker, H. M. (1982). Domestication revisited: its implications for faunal analysis. *Journal of Field Archaeology*, 9(2), 217-236.
- Hediger, H., (1964). Wild Animals in Captivity. Dover, New York
- Helmer, D. (1992). *La domestication des animaux par les hommes préhistoriques*.
- Helmer, D. (1995). Biometria i arqueozoologia a partir d'alguns exemples del Proxim Orient. *Cota zero: revista d'arqueologia i ciència*, (11), 51-60.
- Helmer, D., Blaise, É., Gourichon, L., & Saña-Seguí, M. (2018). Using cattle for traction and transport during the Neolithic period. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 115(1), 71-98.
- Hesse, B. (1978). *Evidence for husbandry from the Early Neolithic site of Ganj Dareh in western Iran. Columbia University* (Doctoral dissertation, PhD Thesis).
- Hiendleder S, Kaupe B, Wassmuth R, Janke A. Molecular analysis of wild and domestic sheep questions current nomenclature and provides evidence for domestication from two different subspecies. *Proc. R. Soc. B.* 2002;269:893–904. 10.1098/rspb.2002.1975
- Higgs, E. S., & Jarman, M. R. (1972). origins of animal and plant husbandry. *Higgs, ES Papers in Economic Prehistory*.
- Hillman, G. C. (2000). The plant food economy of Abu Hureyra 1 and 2. Village on the Euphrates: from foraging to farming at Abu Hureyra. Oxford University Press, Oxford, 327-398.

- Hiney, K. M., Nielsen, B. D., & Rosenstein, D. (2004). Short-duration exercise and confinement alters bone mineral content and shape in weanling horses. *Journal of Animal Science*, 82(8), 2313-2320.
- Hiney, K. M., Nielsen, B. D., Rosenstein, D., Orth, M. W., & Marks, B. P. (2004). High-intensity exercise of short duration alters bovine bone density and shape. *Journal of animal science*, 82(6), 1612-1620.
- Hinterhofer, C., Ferguson, J. C., Apprich, V., Haider, H., & Stanek, C. (2005). A finite element model of the bovine claw under static load for evaluation of different flooring conditions. *New Zealand veterinary journal*, 53(3), 165-170.
- Holden, C., & Mace, R. (2009). Phylogenetic analysis of the evolution of lactose digestion in adults. *Human biology*, 81(5/6), 597-620.
- Hole, F., Flannery, K. V., & Neely, J. A. (1969). Prehistory and Human Ecology on the Deh Luran Plain: Memoirs of the Museum of Anthropology. *Ann Arbor*.
- Hongo, H., Pearson, J., Öksüz, B., & Ilgezdi, G. (2009). The process of ungulate domestication at Cayönü, Southeastern Turkey: a multidisciplinary approach focusing on Bos sp. and Cervus elaphus. *Anthropozoologica*, 44(1), 63-79.
- Horwitz, L. K. (1989). A reassessment of caprovine domestication in the Levantine Neolithic: Old questions, new answers. *BAR. International Series*, (508), 153-181
- Horwitz, L. K. (2003). The Neolithic fauna. In Khalaily, H., and Marder, O. (eds.), *The Neolithic site of Abu Gosh: The 1995 Excavations, Reports Vol. 19*, Israeli Antiquities Authority, Jerusalem, 87–101.
- Horwitz, L. K., & Smith, P. (1990). A radiographic study of the extent of variation in cortical bone thickness in Soay sheep. *Journal of Archaeological Science*, 17(6), 655-664.
- Hours, F., Aurenche, O., Cauvin, J., Cauvin, M. C., Copeland, L., Sanlaville, P., & Lombard, P. (1994). *Atlas des sites du Proche Orient (14000-5700 BP)*.
- Hughes, K., & Sokolowski, M. B. (1996). Natural selection in the laboratory for a change in resistance by *Drosophila melanogaster* to the parasitoid wasp *Asobara tabida*. *Journal of insect behavior*, 9(3), 477-491.
- Hunter, D., De Lange, M., Snieder, H., MacGregor, A. J., Swaminathan, R., Thakker, R. V., & Spector, T. D. (2001). Genetic contribution to bone metabolism, calcium excretion, and vitamin D and parathyroid hormone regulation. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16(2), 371-378.
- i Dalmau, A. M. R., & Arza, R. A. (1996). El neolítico final en la cueva de les Pixarelles. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, (1), 439-445.
- Immel, A., Le Cabec, A., Bonazzi, M., Herbig, A., Temming, H., Schuenemann, V. J., ... & Pion, G. (2016). Effect of X-ray irradiation on ancient DNA in sub-fossil bones—Guidelines for safe X-ray imaging. *Scientific reports*, 6, 32969.

- Ingold, T. (1980). *Hunters, pastoralists and ranchers: reindeer economies and their transformations* (pp. 85-7). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ingold, T. (1984). Time, social relationships and the exploitation of animals: Anthropological reflections on prehistory. *Animals and archaeology*, 3, 3-12.
- Ingram, C. J., Mulcare, C. A., Itan, Y., Thomas, M. G., & Swallow, D. M. (2009). Lactose digestion and the evolutionary genetics of lactase persistence. *Human genetics*, 124(6), 579-591.
- Inman, C. L., Warren, G. L., Hogan, H. A., & Bloomfield, S. A. (1999). Mechanical loading attenuates bone loss due to immobilization and calcium deficiency. *Journal of Applied Physiology*, 87(1), 189-195.
- Isaakidou, V. 2011. Farming regimes in Neolithic Europe: gardening with cows and other models. En *The dynamics of neolithisation in Europe. Studies in honour of Andrew Sherratt*, editado por Valasia Isaakidou, Angelos Hadjikoumis, Erick Robinson, y S Viner-Daniels, 90-112. Oxford: Oxbow Books.
- Itan, Y., Jones, B. L., Ingram, C. J., Swallow, D. M., & Thomas, M. G. (2010). A worldwide correlation of lactase persistence phenotype and genotypes. *BMC evolutionary biology*, 10(1), 36.
- Jarman, M. R. (1972). European deer economies and the advent of the Neolithic. *Higgs, ES Papers in Economic Prehistory*.
- Jarman, M. R. (1977). Early animal husbandry, a Hutchinson, J.; Clark, G.; Jope, E. M. i Finley, R. (Ed.) *The early History of Agriculture*. Oxford, Oxford University Press.
- Jarman, M. R., & Wilkinson, P. F. (1972). Criteria of animal domestication. *Higgs, ES Papers in Economic Prehistory*.
- Jepsen, K.J., Silva, M.J., Vashishth, D., et al. 2015. Establishing biomechanical mechanisms in mouse models: practical guidelines for systematically evaluating phenotypic changes in the diaphyses of long bones. *Journal of bone and mineral research. official J. Am. Soc. Bone Mineral Res.* 30, 951e966.
- Jolicoeur, P. i Mosimann, J. E. (1960) Variació de la mida i la forma de la tortuga pintada. Una anàlisi del component principal. *Creixement* 24, 339-354.
- Juan-Tresserras, J., i Dalmau, A. M. R., & Arza, R. A. (1996-1997). Aproximació a l'entorn vegetal i a les estratègies alimentàries dels habitants de la cova de les pixarelles (Tavertet, Osona) durant l'edat del Bronze. *Annals de l'Institut d'Estudis Gironins*, (36), 213-233.
- Kahila Bar-Gal, G., Ducos, P., & Kolska Horwitz, L. (2003). The application of ancient DNA analysis to identify neolithic caprinae: a case study from the site of Hatoula, Israel. *International Journal of Osteoarchaeology*, 13(3), 120-131.



- Kansa, S. W., Campbell, S., O'Day, S. J., Van Neer, W., & Ervynck, A. (2004). Feasting with the dead? A ritual bone deposit at Domuztepe, south eastern Turkey (c. 5550 cal BC). *Behaviour behind Bones: The Zooarchaeology of Ritual, Religion, Status and Identity*, 2-13.
- Kansa, S. W., Kennedy, A., Campbell, S., & Carter, E. (2009). Resource exploitation at Late Neolithic Domuztepe: faunal and botanical evidence. *Current Anthropology*, 50(6), 897-914.
- Karsenty, G. (1999). The genetic transformation of bone biology. *Genes & development*, 13(23), 3037-3051.
- Kendall, D. (1977). The diffusion of shape. *Advances in Applied Probability*, 9, 428–430
- Kendrick, K. M., Haupt, M. A., Hinton, M. R., Broad, K. D., & Skinner, J. D. (2001). Sex differences in the influence of mothers on the sociosexual preferences of their offspring. *Hormones and Behavior*, 40(2), 322-338.
- Kendrick, K. M., Hinton, M. R., Atkins, K., Haupt, M. A., & Skinner, J. D. (1998). Mothers determine sexual preferences. *Nature*, 395(6699), 229.
- Kiley, M. A. R. T. H. E. (1974). Behavioural problems of some captive and domestic ungulates. *The Behaviour of Ungulates and its Relation to Management*".(Geist, V. and Walther, F. eds), *IUCN Publication*, (24), 603.
- Klein, R. G. (2000). Archeology and the evolution of human behavior. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 9(1), 17-36.
- Köhler-Rollefson, I. (1989). Changes in goat exploitation at'Ain Ghazal between the early and late Neolithic: A metrical analysis. *Paléorient*, 141-146.
- Kohn, L. A. P., & Lubach, G. R. (2019). Postcranial Skeletal Differences in Free-Range and Captive-Born Primates. *The Anatomical Record*, 302(5), 761-774.
- Konuma H., Idrus Z. & Tekola B. G. (2012). Proceedings of the First Asia Dairy Goat Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 9-12 April, 2012. In *Proceedings of the First Asia Dairy Goat Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 9-12 April, 2012*.. Universiti Putra Malaysia Press.
- Krause-Kyora, B., Makarewicz, C., Evin, A., Flink, L. G., Dobney, K., Larson, G., ... & Nebel, A. (2013). Use of domesticated pigs by Mesolithic hunter-gatherers in northwestern Europe. *Nature communications*, 4, 2348.
- Kuijt, I. (1996). Negotiating equality through ritual: a consideration of Late Natufian and Prepottery Neolithic A period mortuary practices. *Journal of Anthropological Archaeology*, 15(4), 313-336.
- Kuijt, I. (2000). "Keeping the peace: Ritual, skull caching and community integration in the Levantine Neolithic", in KUIJT, I. (Edt.), *Life in Neolithic Farming Communities: Social Organization, Identity and Differentiation*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

- Kuijt, I., & Goring-Morris, N. (2002). Foraging, farming, and social complexity in the Pre-Pottery Neolithic of the southern Levant: a review and synthesis. *Journal of World Prehistory*, 16(4), 361-440.
- Larson, G., & Burger, J. (2013). A population genetics view of animal domestication. *Trends in Genetics*, 29(4), 197-205.
- Larson, G., Albarella, U., Dobney, K., Rowley-Conwy, P., Schibler, J. Tresset, A. Vigne J-D., Edwards, C. J., Schlumbaum, A., Dinu, A., Bălăçescu, A., Dolman, G., Tagliacozzo, A. Manaseryan, N., Miracle, P., Van Wijngaarden-Bakker, L., Masseti, M., Bradley, D. G. i Copper, A. (2007). Ancient DNA, pig domestication, and the spread of the Neolithic into Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(39), 15276-15281.
- Larson, G., Karlsson, E. K., Perri, A., Webster, M. T., Ho, S. Y. W., Peters, J., Stahl, P. W., Piper, P. J., Lingaas, F., Fredholm, M., Comstock, K. E., Modiano, J. F., Schelling, C., Agoulnik, A. I., Leegwater, P. A., Dobney, K., Vigne, J-D., Vilà, C., Andersson, L., i Lindblad-Toh, K. (2012). Rethinking dog domestication by integrating genetics, archeology, and biogeography. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(23), 8878-8883.
- Lasota-Moskalewska, A., & Moskalewski, S. (1980). Microscopic comparison of bones from medieval domestic and wild pigs. *Ossa*, 7, 173-178.
- Laswai, G.H., Mbagi, S.H., Das, S.M., Minja, M.M.J., Mruttu, H., Mwilawa, A., Cowero, C.J. & Mwaigomole, G. (2004). *Local knowledge among Maasai communities with a particular focus on preference and criteria for livestock breeding and selection. In Tanzania Society of Animal Production. Proceedings of the 31st Scientific Conference held at Kilimanjaro Crane Hotel – Moshi, 5th–7th October 2004. TSAP Conference Series 31: 183–190. Morogoro, United Republic of Tanzania.*
- Lay, D. M. (1967). *A Study of the Mammals of Iran: Resulting from the Street Expedition of 1962-63* (Vol. 54). Field Museum of Natural History.
- Le Mort, F. (1992). Les pratiques funéraires des populations du Levant au début du Néolithique. *Archéo-nil*, 2, 37-42.
- Lecce, J. G., Armstrong, W. D., Crawford, P. C., & Ducharme, G. A. (1979). Nutrition and management of early weaned piglets: Liquid vs dry feeding. *Journal of Animal Science*, 48(5), 1007-1014.
- Leibbrandt, V. D., Ewan, R. C., Speer, V. C., & Zimmerman, D. R. (1975). Effect of weaning and age at weaning on baby pig performance. *Journal of Animal Science*, 40(6), 1077-1080.
- Lemoine, X., Zeder, M. A., Bishop, K. J., & Rufolo, S. J. (2014). A new system for computing dentition-based age profiles in *Sus scrofa*. *Journal of Archaeological Science*, 47, 179-193.
- Levy, N., & Bernadsky, G. (1990). Creche behavior of nubian ibex *Capra ibex nubiana* in the Negev desert highlands, Israel. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 37(3), 125-137.

- Liesegang, A., & Risteli, J. (2005). Influence of different calcium concentrations in the diet on bone metabolism in growing dairy goats and sheep. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 89(3-6), 113-119.
- Linseele, V. (2004). Size and size change of the African aurochs during the Pleistocene and Holocene. *Journal of African Archaeology*, 2(2), 165-185.
- Llado, E., Gaitero, L., Pumarola, M., & Saña, M. (2008). Perforations In Archaeological Neolithic Cattle Skulls: A New Methodological Approximation For Their Study And Explanation. *Veterinarija Ir Zootechnika*, 43(65).
- Lloret, A. B., Chinchilla, J., i Galter, J. T., Llado, E., & Seguí, M. S. (2008). Uso y explotación de los bóvidos en el asentamiento de La Draga (Banyoles, Catalunya). In *IV Congreso del Neolítico Peninsular: 27-30 de noviembre de 2006* (pp. 326-330). Museo Arqueológico de Alicante-MARQ.
- Lomer, M. C. E., Parkes, G. C., & Sanderson, J. D. (2008). lactose intolerance in clinical practice—myths and realities. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 27(2), 93-103.
- López-Bultó, O., & Piqué Huerta, R. (2018). Wood procurement at the early Neolithic site of La Draga (Banyoles, Barcelona). *Journal of Wetland Archaeology*, 18(1), 56-76.
- Lott, D. F., & Hart, B. L. (1977). Aggressive domination of cattle by Fulani herdsmen and its relation to aggression in Fulani culture and personality. *Ethos*, 5(2), 174-186.
- Lott, D. F., & Hart, B. L. (1979). Applied ethology in a nomadic cattle culture. *Applied Animal Ethology*, 5(4), 309-319.
- Magnell, O., & Carter, R. (2007). The chronology of tooth development in wild boar—a guide to age determination of linear enamel hypoplasia in prehistoric and medieval pigs. *Veterinarija ir zootechnika*, 40(62).
- Maicher, C., Hoffmann, A., Côté, N. M., Palomo Pérez, A., Saña Seguí, M., & Le Bailly, M. (2017). Paleoparasitological investigations on the Neolithic lakeside settlement of La Draga (lake Banyoles, Spain). *The Holocene*, 27(11), 1659-1668.
- Main, R. P., & Biewener, A. A. (2004). Ontogenetic patterns of limb loading, in vivo bone strains and growth in the goat radius. *Journal of Experimental Biology*, 207(15), 2577-2588.
- Mainland, I. (1998). Dental microwear and diet in domestic sheep (*Ovis aries*) and goats (*Capra hircus*): distinguishing grazing and fodder-fed ovicaprids using a quantitative analytical approach. *Journal of Archaeological Science*, 25(12), 1259-1271.
- Mainland, I. (2003). Dental microwear in grazing and browsing Gotland sheep (*Ovis aries*) and its implications for dietary reconstruction. *Journal of Archaeological Science*, 30(11), 1513-1527.
- Mainland, I. (2006). Pastures lost? A dental microwear study of ovicaprine diet and management in Norse Greenland. *Journal of Archaeological Science*, 33(2), 238-252.

- Mainland, I., Schutkowski, H., & Thomson, A. F. (2007). Macro-and micromorphological features of lifestyle differences in pigs and wild boar. *Anthropozoologica*, 42(2), 89-106.
- Makarewicz, C., & Tuross, N. (2012). Finding fodder and tracking transhumance: isotopic detection of goat domestication processes in the Near East. *Current Anthropology*, 53(4), 495-505.
- Manaseryan, N. H., Dobney, K., & Ervynck, A. (1999). On the causes of perforations in archaeological domestic cattle skulls: new evidence. *international Journal of Osteoarchaeology*, 9(1), 74-75.
- Mannel, S., Price, M., & Hua, D. (2011). Impact of reference datasets and autocorrelation on classification accuracy. *International journal of remote sensing*, 32(19), 5321-5330.
- Marchetti, M. P., & Nevitt, G. A. (2003). Effects of hatchery rearing on brain structures of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Environmental biology of Fishes*, 66(1), 9-14.
- Marinis, A. M., & Asprea, A. (2006). Hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe. *Wildlife Biology*, 12(3), 305-321.
- Marinis, A. M., & Asprea, A. (2006). How did domestication change the hair morphology in sheep and goats?. *Human Evolution*, 21(2), 139-149.
- Marshall, F. B., Dobney, K., Denham, T., & Capriles, J. M. (2014). Evaluating the roles of directed breeding and gene flow in animal domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6153-6158.
- Martín, A. (1985). De la cultura de los sepulcros de fosa al grupo de Veraza en el Vallès. *Estudios de la Antigüedad*, 2, 3-57.
- Martín, A. (2009). Les sociétés du Néolithique moyen en Catalogne et leur gestion du funéraire. *Sépultures et sociétés: Du Néolithique à l'Histoire. Éditions Errance, Paris*, 45-67.
- Martin, L., & Edwards, Y. (2013). Diverse Strategies: Evaluating the Appearance and Spread of Domestic Caprines in the Southern Levant. In *The Origins and Spread of Domestic Animals in Southwest Asia and Europe*. (pp. 49–82).
- Martinez Rica, J. P. (1981). Nuevos datos sobre conducta social del jabalí en condiciones de semilibertad.
- Martínez-Rica, J. P. (1976). Notas sobre el comportamiento de jabalíes. *Miscel·lània Zoològica*, 3(5), 243-250.
- MASCA (1970) Bone from Domestic and Wild Animals: Crystallographic Differences. *Newsletter*. University of Pennsylvania, 2.
- MASCA (1973) Technique for determining Animal Domestication Based on Study of Thin Sections of Bone Under polarized Light. *Newsletter*, University of Pennsylvania, 1.

- Masurel, H. (1989). Méthodologie pour l'étude des tissus protohistoriques. *IXe Rencontres Internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes: Tissage, Corderie, Vannerie. 20-21-22 October 1988*, 105–180.
- McTavish, E. J., Decker, J. E., Schnabel, R. D., Taylor, J. F., & Hillis, D. M. (2013). New World cattle show ancestry from multiple independent domestication events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(15), E1398-E1406.
- Meadow, R. H. (1984). Animal domestication in the Middle East: a view from the eastern margin. *Animals and archaeology*, *3*, 309-337.
- Meadow, R. H. (1989). Osteological evidence for the process of animal domestication. *The walking larder: patterns of domestication, pastoralism, and predation*, 80-90.
- Meadow, R. H. (1999). *The use of size index scaling techniques for research on archaeozoological collections from the Middle East*.
- Meadows, J. R., Cemal, I., Karaca, O., Gootwine, E., & Kijas, J. W. (2007). Five ovine mitochondrial lineages identified from sheep breeds of the near East. *Genetics*, *175*(3), 1371-1379.
- Mellon, S. J., & Tanner, K. E. (2012). Bone and its adaptation to mechanical loading: a review. *International Materials Reviews*, *57*(5), 235-255.
- Merrill, L. B., & Taylor, C. A. (1976). Take note of the versatile goat. *Rangeman's Journal*, *3*(3), 74-76.
- Meyer, W., Pohlmeier, K., Schnapper, A., & Hülmann, G. (2001). Subgroup differentiation in the Cervidae by hair cuticle analysis. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, *47*(4), 253-258.
- Miller, N. F. (1993). Els inicis del conreu de plantes al Pròxim Orient. *Cota zero: revista d'arqueologia i ciència*, (9), 70-81.
- Mionczynski, J. (1992). *Pack goat*. The Reavis Co. Lander WY, 147.
- MOLIST M. (1996): “El neolítico del IXº y VIIIº milenio B.P. en el Levante norte: aportaciones del yacimiento de Tell Halula (Valle del Éufrates, Siria)”, *Complutum Extra* 6 (I), pp. 63-74.
- MOLIST m. (Ed. y Coord.) (1996): *Tell Halula (Siria). Un yacimiento neolítico en el valle medio del Éufrates. Campañas de 1991 y 1992, Informes arqueológicos*, 4, Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.
- Molist, M. (1992) “El neolític mitjà a Catalunya: estat del coneixement, debats i preguntes a inicis dels anys 90”, 9è Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà. *Estat de la investigació sobre el neolític a Catalunya*
- Molist, M. (1998). Espace collectif et espace domestique dans le Néolithique des IXeme et VIIIeme millénaires BP au nord de la Syrie: Apports du site de Tell Halula (valleé de l'Euphrate). *MOM Éditions*, *28*(1), 115-130.

Molist, M. (2001). Halula, village néolithique en Syrie du Nord. *Communautés villageoises du Proche-Orient à l'Atlantique (8000-2000 avant notre ère), Séminaire du Collège de France, Paris: Errance*, 35-50.

Molist, M. (2001). Novedades de la Investigación de los orígenes de las sociedades agrícolas en el Próximo Oriente: el medio Éufrates sirio y su rol en el proceso de neolitización. In *De la estepa al Mediterráneo: Actas del Ier Congreso de Arqueología e Historia Antigua del Oriente Próximo*. Barcelona: *M Eridu* (Vol. 1, pp. 173-188).

Molist, M. (2013). Tell Halula: un poblado de los primeros agricultores en el valle del Éufrates, Siria. *Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General de Bienes Culturales, Instituto Patrimonio Histórico Español*.

Molist, M., & Vicente, O. (2013). Tell Halula 1995–2005. Análisis estratigráfico y arquitectónico de los diferentes horizontes históricos de Tell Halula. *Tell Halula: un poblado de los primeros agricultores en el valle del Eufrates, Siria*, 31-86.

MOLIST, M., CRUELLES, M., & BUXÓ, D. (1986). Una nova necròpolis d'incineració a la Catalunya central: Coll s' Avenc (Tavertet, Osona). *VI Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà*, 97-102.

Molist, M., Mateu, J., & Palomo, T. (1994). Étude préliminaire sur les industries lithiques du PPNB moyen et récent de Tell Halula (Haute Vallée de l'Euphrate, Syrie). HG Gebel et SK Kozłowski (éds), *Neolithic Chipped Stone Industries of the Fertile Crescent*, SENEPSE, 1, 349-362.

Molist, M., Saña, M., & Buxó, R. (2003). El neolític a Catalunya: entre la civilització de pastors i agricultors cavernícoles i els primers pagesos del pla. *Cota zero: revista d'arqueologia i ciència*, (18), 34-53.

Molist, M.; Anfruns, J.; Cruells, W.; Clop, X.; Saña, M. (2004). Estudio del asentamiento de Tell Halula (Valle del Eufrates, Siria): aportaciones para el estudio de la emergencia de las sociedades agrícolas en el Próximo Oriente. *Bienes Culturales*, núm 3, 45-62, (IPHE, Madrid)

Molist, M., Cruells, W., & i Castells, J. (1987). L'àrea megalítica de Tavertet (Osona). *Cota zero: revista d'arqueologia i ciència*, (3), 55-68.

Moore, A. M. T., Hillman, G. C., & Anthony, J. (2000). *Village on the Euphrates: from foraging to farming at Abu Hureyra*. Oxford University Press.

Morey, D. F. (1992). Size, shape and development in the evolution of the domestic dog. *Journal of Archaeological Science*, 19(2), 181-204.

Morey, D. F. (1994). The early evolution of the domestic dog. *American Scientist*, 82(4), 336-347.

Muñoz, A.. (1965). *La Cultura neolítica catalana de los "Sepulcros de Fosa"* (No. 9). Habelt in Komm.

- Nadel, D., Bar-Oz, G., Avner, U., Boaretto, E., & Malkinson, D. (2010). Walls, ramps and pits: the construction of the Samar Desert kites, southern Negev, Israel. *Antiquity*, 84(326), 976-992.
- Naito, Y. I., Chikaraishi, Y., Drucker, D. G., Ohkouchi, N., Semal, P., Wißing, C., & Bocherens, H. (2016). Ecological niche of Neanderthals from Spy Cave revealed by nitrogen isotopes of individual amino acids in collagen. *Journal of human evolution*, 93, 82-90.
- Navarrete, V., Colonese, A. C., Tornero, C., Antolin, F., Von Tersch, M., Eulàlia Subirà, M., Comes, P., Rosell-Melé, A. i Saña, M. (2017). Feeding management strategies among the Early Neolithic pigs in the NE of the Iberian Peninsula. *International Journal of Osteoarchaeology*, 27(5), 839-852.
- Navarrete, V., Saña, M., (2013). Producción y consumo cárnico a inicios del Neolítico: animales domésticos en el poblado de la Draga (Banyoles) (5300-5000 cal BC). In: López, J.A. (Ed.), PHICARIA. Actas del I Congreso sobre la producción en las sociedades Mediterráneas: la producción de alimentos. Arqueología, historia y futuro de la dieta Mediterránea. Universidad Popular de Mazarrón, Murcia, pp. 121–129
- Navarrete, Vanessa & Tornero, Carlos & Balasse, Marie & Saña, Maria. (2019). Food management of early introduced caprine and bovine herds in the early Neolithic site of La Draga (Banyoles): an isotopic approach. *International Journal of Osteoarchaeology*.
- Nazem, M. N., Sadeghi, A. & Mostafavi, A. (2015). Radiographic Assessment of Bone Cortex to Bone Diameter Ratio of Radius, Tibia, Metacarpus, Metatarsus and Proximal Phalanx of Fore and Hindlimbs in Miniature Donkey. *Iranian Journal of Veterinary Surgery*, 10(2), 49-57.
- Newberry, R.C., 1995. Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 44, 229–243.
- Niinimäki, S., & Salmi, A. (2014). Enthesal Changes in Free-Ranging Versus Zoo Reindeer — Observing Activity Status of Reindeer. *International Journal of Osteoarchaeology*, (April), 37–39
- Nisbet, D. I., Butler, E. J., Robertson, J. M., & Bannatyne, C. C. (1970). Osteodystrophic diseases of sheep: IV. Osteomalacia and osteoporosis in lactating ewes on West Scotland hill farms. *Journal of comparative pathology*, 80(4), 535-IN5.
- Noddle, B. A. (1989). Flesh on the Bones. Some notes on animal husbandry of the past. *Archaeozoologia*, 3(1-2), 25-50.
- Nordin, M., & Frankel, V. H. (Eds.). (2001). *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Obea, L., Piqué, R., Martin, M., & Gassiot, E. (2011). The exploitation of forest resources in mountain areas during the Neolithic in the northeast of the Iberian Peninsula. *Sagvntvm Extra*, 11, 129-130.

Ollivier, L., i Bolet, G. (1981). Selection for prolificacy in the pig: results of a 10 generation selection experiment.

Oms, F. X. (2014). La neolitització del Nord-Est de la Península Ibèrica a partir de les datacions de 14 (C) i les primeres ceràmiques impreses c. 5600-4900 cal BC.

O'Regan, H. J., & Kitchener, A. C. (2005). The effects of captivity on the morphology of captive, domesticated and feral mammals. *Mammal Review*, 35(3-4), 215-230.

Østergård, M. (1980). X-ray diffractometer investigations of bones from domestic and wild animals. *American antiquity*, 45(1), 59-63.

Otoni, C., Flink, L.G., Evin, A., Georg, C., De Cupere, B., Van Neer, W., Bartosiewicz, L., Linderholm, A., Barnett, R., Peters, J., Decorte, R., Waelkens, M., Vanderheyden, N., Ricaut, F.-X., Cakirlar, C., Cevik, O., Hoelzel, A.R., Mashkour, M., Karimlu, A.F.M., Seno, S.S., Daujat, J., Brock, F., Pinhasi, R., Hongo, H., Perez-Enciso, M., Rasmussen, M., Frantz, L., Megens, H.-J., Crooijmans, R., Groenen, M., Arbuckle, B., Benecke, N., Vidarsdottir, U.S., Burger, J., Cucchi, T., Dobney, K., Larson, G., 2013. Pig domestication and human-mediated dispersal in western Eurasia revealed through ancient DNA and geometric morphometrics. *Mol. Biol. Evol.* 30, 824e832.

Özdoğan, A. (1999). Çayönü. In *Neolithic in Turkey. the cradle of civilization/new discoveries*, eds. M. Özdoğan and N. Basgelen, 35–63. Istanbul: Arkeologie ve Sanat Yayinlari

Özdoğan, M. (2003). A group of Neolithic stone figurines from Mezraa-Teleilat. *From villages to towns. Studies presented to Ufuk Esin. Archaeology and Art Publications. Istanbul*, 511-523.

Özdoğan, M., & Özdoğan, A. (1998). Buildings of cult and the cult of buildings. In *Light on top of the black hill: studies presented to Halet Çambel* (pp. 581-592). Ege Yayinlari.

Paine, R. (1994). *Herds of the tundra: A portrait of Saami reindeer pastoralism*. Smithsonian Institution Press.

Palomo, A., Piqué, R., Terradas, X., Bosch, À., Buxó, R., Chinchilla, J., Saña, M. i Tarrús, J. (2014). Prehistoric occupation of Banyoles lakeshore: results of recent excavations at La Draga site, Girona, Spain. *Journal of Wetland Archaeology*, 14(1), 58-73.

Palomo, A., Piqué, R., Terradas, X., López, O., Clemente, I., i Gibaja, J. F. (2013). Woodworking technology in the early neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). *Regards croisés sur les outils liés au travail des végétaux*, 383-396.

Panagiotopoulos, E., Kostopoulos, V., Tsantzalis, S., Fortis, A. P., & Doulalas, A. (2005). Impact energy absorption by specimens from the upper end of the human femur. *Injury*, 36(5), 613-617.

Park, S. D., Magee, D. A., McGettigan, P. A., Teasdale, M. D., Edwards, C. J., Lohan, A. J., Murphy, A., Braud, M., Donoghue, M. T., Liu, Y., Chamberlain, A. T., Rue-Albrecht, K., Schroeder, S., Spillane, C., Tai, S., Bradley, D. G., Sonstegard, T. S., Loftus, B. J. & MacHugh



- D. E. (2015). Genome sequencing of the extinct Eurasian wild aurochs, *Bos primigenius*, illuminates the phylogeography and evolution of cattle. *Genome biology*, 16(1), 234.
- Payne, S. (1969). A metrical distinction between sheep and goat metacarpals. *The domestication and exploitation of plants and animals*, 295, 305.
- Payne, S. (1972) Partial recovery and sample bias-the results of some sieving experiments, in Higgs, E. S. (ed.) *Papers in Economic Prehistory*, Cambridge University Press.
- Payne, S. (1985). Morphological distinctions between the mandibular teeth of young sheep, *Ovis*, and goats, *Capra*. *Journal of archaeological science*, 12(2), 139-147.
- Payne, S., & Bull, G. (1988). Components of variation in measurements of pig bones and teeth, and the use of measurements to distinguish wild from domestic pig remains. *Archaeozoologia*, 2(1), 2.
- Pedrosa, S., Uzun, M., Arranz, J. J., Gutiérrez-Gil, B., San Primitivo, F., & Bayón, Y. (2005). Evidence of three maternal lineages in Near Eastern sheep supporting multiple domestication events. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1577), 2211-2217.
- Pérez-Enciso, M. (2009). Domesticació en animals i evolució. *Treballs de la Societat Catalana de Biologia*, 169-179.
- Pérez-Obiol (1994). Análisis polínicos de sedimentos lacustres y de suelos de ocupación de la Draga (Banyoles, Pla de l'Estany). In *Trabajos de Palinología básica y aplicada: X Simposio de Palinología*, (APLE, Valencia, septiembre 1994) (pp. 277-284). Universitat de València.
- Pérez-Pardal, L., Royo, L. J., Beja-Pereira, A., Curik, I., Traoré, A., Fernández, I., Sölkner, J., Alonso, J., Álvarez, I., Bozzi, R., Ponce de León, F. A., Goyache, F. & Chen, S. (2010). Y-specific microsatellites reveal an African subfamily in taurine (*Bos taurus*) cattle. *Animal Genetics*, 41(3), 232-241.
- Pernicka, E., Keller, J., & Cauvin, M. C. (1997). Obsidian from Anatolian sources in the Neolithic of the Middle Euphrates region (Syria). *Paléorient*, 113-122.
- Perrot, J. (1966). Le gisement Natoufien de Mallaha (Eynan), Israel. Masson et Cie..
- Peters, J. (2005). The Upper Euphrates-Tigris Basin: cradle of agro-pastoralism? Dins Vigne, J. et al.(eds.) *The first steps of animal domestication. New Archaeological Approaches*, 96-124
- Peters, J., Helmer D., Driesch A., Von D, i Saña, M. (1999) – Early Animal Husbandry in the Northern Levant. *Paléorient* 25(2), pp. 27-47.
- Pfeffer, P. (1967). *Le mouflon de Corse: Ovis ammon musimon Schreber, 1782: position systématique, écologie et éthologie comparée*. Mammalia.
- Phaniraja, K. L., & Panchasara, H. H. (2009). Indian Draught Animals Power. *Veterinary world*, 2(10).

- Phillips, D. L. (2001). Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a critique. *Oecologia*, 127(2), 166-170.
- Piqué, R. (2000) Els materials llenyosos. Dins Bosch, A., Chinchilla, J. and Tarrús, J. (eds.), El poblament lacustre neolític de la Draga. Excavacions de 1990 a 1998. Girona: MACCASC (Monografies del CASC, 2), 141-149.
- Piqué, R. (2005). Paisaje y gestión de recursos forestales entre el VI y IV milenio cal BC en el nordeste de la Península Ibérica. In *III Congreso de Neolítico de la Península Ibérica. Santander: Universidad de Cantabria* (pp. 45-52).
- Piqué, R., Morera, N., Revelles, J., Castells, E., López-Bultó, O., Franch, A., & Burjachs, F. (2018). The Distribution and Use of Box (*Buxus sempervirens* L.) in the Northeastern Iberian Peninsula During the Holocene. *Environmental Archaeology*, 1-13.
- Pitt, D., Sevane, N., Nicolazzi, E. L., MacHugh, D. E., Park, S. D. E., Colli, L., Martínez, R., Bruford M. W., Orozco-terWengel, P. (2019). Domestication of cattle: Two or three events? *Evolutionary Applications*, 12(1), 123–136.
- Plasencia, J. (2016). *Bòbila Madurell-Mas Duran: formes de vida durant en el Neolític mitjà i final del nord-est peninsular* (Doctoral dissertation, Tesis doctoral. Dept. de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra.)
- Pollard, G. C., & Drew, I. M. (1975). Llama herding and settlement in prehispanic northern Chile: Application of an analysis for determining domestication. *American Antiquity*, 40(3), 296-305.
- Preus, C. (1984) Die quartäre Vergletscherung der inneren Zardeh-Kuh-Gruppe (Zardeh-Kuh-Massiv), Zagros/ Iran. *Augsburger Geogr. H. 4 Augsburg*.
- Price, E. O. (1998). Behavioral genetics and the process of animal domestication.
- Price, E. O. (1999). Behavioral development in animals undergoing domestication. *Applied Animal Behaviour Science*, 65(3), 245-271.
- Price, M. & Evin, A. (2017). Long-term morphological changes and evolving human-pig relations in the northern Fertile Crescent from 11,000 to 2000 cal. bc. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 1-15. 10.1007/s12520-017-0536-z.
- Price, M. D., & Arbuckle, B. S. (2013). Early pig domestication in the Zagros flanks: Rethinking the evidence from Neolithic Jarmo, northern Iraq. *International Journal of Osteoarchaeology*, DOI, 10.
- Prummel, W., & Frisch, H. J. (1986). A guide for the distinction of species, sex and body side in bones of sheep and goat. *Journal of archaeological Science*, 13(6), 567-577.
- RAURET, A M. (1987), "La seqüència estratigràfica de la cova de Les Pixarelles (Tavertet. Osona)", *Tribuna d'Arqueologia*, 1986-1987, Departament. de Cultura. Generalitat de Catalunya. Barcelona, pp. 59-68.

- Rauret, A. M., & Álvarez, R. (1996). El neolítico final en la cueva de les Pixarelles. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, (1), 439-445.
- Rauret, A. M., Mestres, J. S. & García, J. F. (1989). Relation between cultural and 14C ages from a bronze age site stratigraphy of the Pixarelles cave, Catalonia, Spain, en Mook, W. G., Waterbolk, H. T. (eds.) Proceedings of the second international symposium 14C and archaeology (Groninger, 1987), Estrasburg. PACT 29. Conseil de l'Europe: 395-402.
- Redding, R. W. (1988). A general explanation of subsistence change: From hunting and gathering to food production. *Journal of Anthropological Archaeology*, 7(1), 56-97.
- Redding, R. W. (2003). *First report on faunal remains*. In Alizadeh, A. (ed.), Excavations at the Prehis- toric Mound of Chogha Bonut, Khuzestan, Iran Seasons 1976/77, 1977/78, and 1996, Publications Vol. 120, Oriental Institute, University of Chicago, Chicago, pp. 137–147
- Redding, R. W., & Rosenberg, M. (1998). Early pig husbandry in southwestern Asia and its implications for modeling the origins of food production. *Ancestors for the Pigs: Pigs in Prehistory. MASCA Research Papers in Science and Archaeology, Philadelphia, PA*, 55-64.
- Redding, R.W. 2005. — Breaking the Mold: a Consideration of Variation in the Evolution of Animal Domestication, in Vigne J. D. Peteres J. Helmer D. (eds), The First Steps of Animal Domestication: New Arcaeological Approaces. Oxbow Books, Oxford: 41-48
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., Buck, C. E., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T., Hoffmann, D. l., Hogg, A. G., Hughen K. A., Kaiser. A. D., Scott, E. M., Southon, J. R., A Staff, R., Turney, C. S. M., & Van der Plicht, J. (2013). IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4), 1869-1887.
- Reitz, E. J., Reitz, E., & Wing, E. S. (1999). *Zooarchaeology*. Cambridge University Press.
- Relethford, J. H. (2001). Genetics and the search for modern human origins. Wiley, New York
- Revelles, J. (2017). *Mid-Holocene vegetation history, climate change and Neolithic landscape transformation. Archaeopalynology in La Draga and Lake Banyoles (NE Iberian Peninsula)* (Doctoral dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona).
- Revelles, J., & Van Geel, B. (2016). Human impact and ecological changes in lakeshore environments. The contribution of non-pollen palynomorphs in Lake Banyoles (NE Iberia). *Review of palaeobotany and palynology*, 232, 81-97.
- Ribé, G. (1996). Espacio y territorio entre el neolítico antiguo y medio en la región del Penedès. Bases y resultados de un programa de investigación arqueológica espacial en la Catalunya litoral y prelitoral. *I Congrés del Neolític a la Península Ibèrica*, 379-390.
- Richmond, B. G., & Jungers, W. L. (2008). Orrorin tugenensis femoral morphology and the evolution of hominin bipedalism. *Science*, 319(5870), 1662-1665.

- Rindos, D. (1984). *The origins of agriculture: an evolutionary perspective*. Orlando, FL: Academic Press.
- Rivals, F., & Deniaux, B. (2005). Investigation of human hunting seasonality through dental microwear analysis of two Caprinae in late Pleistocene localities in Southern France. *Journal of Archaeological Science*, 32(11), 1603-1612.
- Rivals, F., & Semprebon, G. M. (2011). Dietary plasticity in ungulates: insight from tooth microwear analysis. *Quaternary International*, 245(2), 279-284.
- Rivals, F., Mihlbachler, M. C., & Solounias, N. (2007). Effect of ontogenetic-age distribution in fossil and modern samples on the interpretation of ungulate paleodiets using the mesowear method. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 27(3), 763-767.
- Rivals, F., Schulz, E., & Kaiser, T. M. (2008). Climate-related dietary diversity of the ungulate faunas from the middle Pleistocene succession (OIS 14-12) at the Caune de l'Arago (France). *Paleobiology*, 34(1), 117-127.
- Rivals, F., Schulz, E., & Kaiser, T. M. (2009). Late and middle Pleistocene ungulates dietary diversity in Western Europe indicate variations of Neanderthal paleoenvironments through time and space. *Quaternary Science Reviews*, 28(27-28), 3388-3400.
- Roesler, H. (1981). Some historical remarks on the theory of cancellous bone structure (Wolff's law). *Mechanical properties of bone*.
- Roffet-Salque, M., Marciniak, A., Valdes, P. J., Pawłowska, K., Pyzel, J., Czerniak, L., ... & Evershed, R. P. (2018). Evidence for the impact of the 8.2-kyBP climate event on Near Eastern early farmers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(35), 8705-8709.
- Rohlf, F. J. (2015). The tps series of software. *Hystrix*, 26(1).
- Rohlf, F. J., & Slice, D. (1990). Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Biology*, 39(1), 40-59.
- Rohlf, F. J., & Slice, D. (1990). Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Biology*, 39(1), 40-59.
- Ros, M. T., & Vernet, J. L. (1987). L'environnement végétal de l'homme du Néolithique à l'âge du Bronze dans le Nord-Est de la Catalogne d'après l'analyse anthracologique de la Cova del Frare, St. Llorenç de Munt (Matadepera, Barcelona). *Premières Communautés Paysannes en Méditerranée Occidentale*. Paris: Editions du CNRS, 125-129.
- Rosell, C., Fernández-Llario, P., & Herrero, J. (2001). El jabalí (*Sus scrofa* LINNAEUS, 1758). *Galemys*, 13(2), 1-25.
- Roux, W. (1881). Der zuchtende Kampf der Teile, oder die "Teilauslese" im Organismus (Theorie der "funktionellen Anpassung"). Leipzig: Wilhelm Engelmann.

- Rowley-Conwy, P., U. Albarella, and K. Dobney 2012. Distinguishing Wild Boar from Domestic Pigs in Prehistory: A Review of Approaches and Recent Results. *Journal of World Prehistory* 25: 1-44.
- Rubio, I. (1988). La economía de subsistencia en el Neolítico hispano. In *El Neolítico en España* (pp. 337-418). Cátedra.
- Ruff, C. B. (2000). Body size, body shape, and long bone strength in modern humans. *Journal of Human Evolution*, 38(2), 269-290.
- Ruff, C. B., & Hayes, W. C. (1983). Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae—A biomechanical investigation: I. Method and general patterns of variation. *American journal of physical anthropology*, 60(3), 359-381.
- Ruff, C. B., & Hayes, W. C. (1983). Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae—A biomechanical investigation: II. Sex, age, and side differences. *American journal of physical anthropology*, 60(3), 383-400.
- Ruff, C. B., Holt, B. M., Sládek, V., Berner, M., Murphy Jr, W. A., zur Nedden, D. & Recheis, W. (2006). Body size, body proportions, and mobility in the Tyrolean “Iceman”. *Journal of Human Evolution*, 51(1), 91-101.
- Ruff, C. B., Trinkaus, E., Walker, A., & Larsen, C. S. (1993). Postcranial robusticity in Homo. I: Temporal trends and mechanical interpretation. *American journal of physical anthropology*, 91(1), 21-53.
- Ruiz, A (2019) Aproximació arqueozoològica a les condicions de salut i treball animal a inicis del neolític a l'occident i llevant del mediterrani. Anàlisi de la paleopatologia òssia com a indicador de la pressió selectiva humana. Treball de final de màster, Universitat Autònoma de Barcelona
- Russell, N. (2002). The wild side of animal domestication. *Society & Animals*, 10(3), 285-302.
- Rütimeyer, L. (1861). *Die fauna der pfahlbauten der schweiz*. Georg.
- Ryder, M. L. (1993). Sheep and goat husbandry with particular reference to textile fibre and milk production. *Bulletin on Sumerian Agriculture*, 7(9), 32.
- Sáez-Royuela, C., & Tellería, J. L. (1987). Reproductive trends of the wild boar(*Sus scrofa*) in Spain. *FOLIA ZOOL., BRNO.*, 36(1).
- Sampedro, M. A. C., & Cabeza, N. K. C. (2010). Importance of the animal behavior for the productive handling of the wild and domestic fauna. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 2(1), 175-214.
- Saña, M. & Tornero, Carlos. (2011). Use of animal fibres during the neolithisation in the Middle Euphrates Valley: an archaeozoological approach. *Paléorient*. vol. 38.. 79-91.

Saña, M. (1998). Arqueozoologia i faunes neolítiques a Catalunya. Problemàtica plantejada entorn a la dinàmica del procés de domesticació animal. *Cypsela*, (12), 99-110.

Saña, M. (1999). *Arqueología de la domesticación animal: la gestión de los recursos animales en tell Halula (valle del Éufrates, Siria) del 8.800 al 7.000 Bp*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

Saña, M. (2000). Animal resource management and the process of animal domestication at Tell Halula (Euphrates Valley-Syria) from 8800 BP to 7800 BP. In *Archaeozoology of the Near East IVA: Proceedings of the Fourth International Symposium on the Archaeozoology of Southwestern Asian and Adjacent Areas*, ARC Publication (Vol. 32, pp. 242-256).

Saña, M. (2002). The faunal remains. *Tell Boueid II: A Late Neolithic Village on the Middle Khabur (Syria)*, 125-140.

Saña, M. (2013). Domestication of Animals in the Iberian Peninsula, in: *The Origins and Spread of Domestic Animals in Southwest Asia and Europe*, edited by Sue Colledge et al. Left Coast Press, Inc.: 195-221..

Saña, M., & Tornero, C. (2008). Consumption of animal resources at the sites of Akarçay Tepe and Tell Halula (Middle Euphrates Valley, 8th-6th millennia cal. BC). *Publications de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée*, 49(1), 153-167.

Saña, M., & Tornero, C. (2012). Use of animal fibres during the neolithisation in the Middle Euphrates Valley: an archaeozoological approach. *Paléorient*, 79-91.

Saña, M., & Tornero, C. (2013). La gestión de los recursos animales en Tell Halula: nuevas hipótesis y aproximaciones metodológicas para el estudio de domesticación animal y producción ganadera. *Tell Halula: un poblado de los primeros agricultores en el valle del Éufrates, Siria*, Molist M.(coord.), 1.

Saña, M., (2011). La gestió dels recursos animals. In: Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. (Eds.), *El poblament lacustre del Neolític antic de la Draga. Excavacions 2000–2005*. Museu d'Arqueologia de Catalunya (Monografies del CASC, 9), Girona, pp. 177–212

Sanlaville, P. (1996). Changements climatiques dans la région levantine à la fin du Pléistocène supérieur et au début de l'Holocène. Leurs relations avec l'évolution des sociétés humaines. *Paléorient*, 7-30.

Sanlaville, P. (1997). Les changements dans l'environnement au Moyen-Orient de 20 000 Bp à 6 000 BP. *Paléorient*, 249-262.

Sapir-Hen, L., Bar-Oz, G., Hershkovitz, I., Raban-Gerstel, N., Marom, N., & Dayan, T. (2008). Paleopathology survey of ancient mammal bones in Israel. *Veterinarija ir zootechnika*, 42(64), 62-70.

Schaller, G. B. (1977). *Mountain monarchs. Wild sheep and goats of the Himalaya*. University of Chicago Press..

- Schams, D., Baumann, G., & Leidl, W. (1982). Oxytocin determination by radioimmunoassay in cattle. 2. *Acta endocrinologica*, 99.
- Schlager, S. (2017). Morpho and Rvcg–Shape Analysis in R: R-Packages for geometric morphometrics, shape analysis and surface manipulations. In *Statistical shape and deformation analysis* (pp. 217-256). Academic Press.
- Schlager, S. (2017). Morpho and Rvcg–Shape Analysis in R: R-Packages for geometric morphometrics, shape analysis and surface manipulations. In *Statistical shape and deformation analysis* (pp. 217-256). Academic Press.
- Schmidt, E. (1972). Atlas of animal bones/Knochenatlas. *Amsterdam, London, New York*.
- Schmidt, K. (2000). » Zuerst kam der Tempel, dann die Stadt «Vorläufiger Bericht zu den Grabungen am Göbekli Tepe und am Gürcütepe 1995-1999. *Istanbuler Mitteilungen*, 50, 5-41.
- Schmidt, K., & Hauptmann, H. (2003). Göbekli Tepe et Nevali Cori. *Les Dossiers d'archéologie*, (281), 60-67.
- Scott, K.M., 1990. Postcranial dimensions of ungulates as predictors of body mass. In: Damuth, J., MacFadden, B.J. (Eds.), *Body Size in Mammalian Paleobiology: Estimation and Biological Implications*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 301e335.
- selection. *Evolution*, 49(6), 1147-1157.
- Serrano, A. L., Mann, C. J., Vidal, B., Ardite, E., Perdiguero, E., & Munoz-Canoves, P. (2011). Cellular and molecular mechanisms regulating fibrosis in skeletal muscle repair and disease. In *Current topics in developmental biology* (Vol. 96, pp. 167-201). Academic Press.
- Shackelford, L., Marshall, F., & Peters, J. (2013). Identifying donkey domestication through changes in cross-sectional geometry of long bones. *Journal of Archaeological Science*, 40(12), 4170-4179.
- Shackleton, D. M., & Shank, C. C. (1984). A review of the social behavior of feral and wild sheep and goats. *Journal of Animal Science*, 58(2), 500-509.
- Shea, B. T. (1985). Alometria bivariada i multivariada del creixement: consideracions estadístiques i biològiques. *J. Zool.*, segon. A 206, 367-390.].
- Sherratt, A. (1981). Plough and pastoralism: aspects of the secondary products revolution.
- Sherratt, A. (1983). The secondary exploitation of animals in the Old World. *World archaeology*, 15(1), 90-104.
- Silver, I. A. (1969). The ageing of domestic animals. *Science in archaeology*, 283-302.
- Simoons, F. J. (1970). Primary adult lactose intolerance and the milking habit: a problem in biologic and cultural interrelations. *The American journal of digestive diseases*, 15(8), 695-710.

- Sjögren, K. G., & Price, T. D. (2013). A complex Neolithic economy: isotope evidence for the circulation of cattle and sheep in the TRB of western Sweden. *Journal of Archaeological Science*, 40(1), 690-704.
- Soeffner, H. G. (1982). *Statt einer Einleitung: Prämissen einer sozialwissenschaftlichen Hermeneutik*. na.
- Starkey, P. (2000). The history of working animals in Africa. *The origins and development of African livestock: Archaeology, genetics, linguistics and ethnography*, 478-502.
- Stiner, M. C., Buitenhuis, H., Duru, G., Kuhn, S. L., Mentzer, S. M., Munro, N. D., ... & Özbaşaran, M. (2014). A forager–herder trade-off, from broad-spectrum hunting to sheep management at Aşıklı Höyük, Turkey. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8404-8409.
- Stock, F., & Gifford-Gonzalez, D. (2013). Genetics and African cattle domestication. *African Archaeological Review*, 30(1), 51-72.
- Stordeur, D. (1999). Organisation de l'espace construit et organisation sociale dans le Néolithique de Jerf el Ahmar (Syrie, Xe-XIe millénaire av. J.-C.). In *Habitat et société* (pp. 131-149). APDCA.
- Stordeur, D. (1999). Organisation de l'espace construit et organisation sociale dans le Néolithique de Jerf el Ahmar (Syrie, Xe-XIe millénaire av. J.-C.). In *Habitat et société* (pp. 131-149). APDCA.
- Stordeur, D. (2000). Jerf el Ahmar et l'émergence du Néolithique au Proche Orient, in Guilaine J. (ed.), *Premiers paysans du monde. Naissances des agricultures*. Éditions Errance, Paris : 33-60.
- Stordeur, D. (2003) – Tell Aswad. Résultats préliminaires des campagnes 2001 et 2002. *Neolithics* 1(3), pp. 1-14.
- Stordeur, D., Der Arahamian, G., Brenet, M., & Roux, J. C. (2000). Les bâtiments communautaires de Jerf el Ahmar et Mureybet horizon PPNA (Syrie). *Paléorient*, 29-44.
- Stordeur, D., & Abbès, F. (2002). Du PPNA au PPNB: mise en lumière d'une phase de transition à Jerf el Ahmar (Syrie). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 99(99), 563-595.
- Stordeur, S., D'hoore, W., & Vandenberghe, C. (2001). Leadership, organizational stress, and emotional exhaustion among hospital nursing staff. *Journal of advanced nursing*, 35(4), 533-542.
- Storli, I. (1996). On the historiography of Sami reindeer pastoralism. *Acta Borealia*, 13(1), 81-115.
- Strauss, R. E., & Bookstein, F. L. (1982). The truss: body form reconstructions in morphometrics. *Systematic Biology*, 31(2), 113-135.



- Sudo, H. (2010). The development of wool exploitation in Ubaid-period settlements of North Mesopotamia. *Beyond the Ubaid: Transformation and integration in the late prehistoric societies of the Middle East*. SAOC, 63.
- Sutliff, D. J. (2019). Pack goats in the Neolithic Middle East. *Anthropozoologica*, 54(1), 45.
- Sutton, J.B. (1884) On the diseases of the carnivorous mammals in the society's gardens. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 177–187
- Svizzero, S. (2016). Hunting strategies with cultivated plants as bait and the prey pathway to animal domestication.
- Szilagyi, A. (2015). Adaptation to lactose in lactase non persistent people: Effects on intolerance and the relationship between dairy food consumption and evaluation of diseases. *Nutrients*, 7(8), 6751–6779.
- Tarrús, J coord. (2017) El poblat neolític de Ca n'Isach (Palau Saverdera, Alt Empordà). Les excavacions de 1987-1994 i 2001-2003
- Tarrús, J. (2008). La Draga (Banyoles, Catalunya), un poblat lacustre del neolític antic a l'Europa mediterrània. *Catalan Historical Review*, (1), 171-182.
- Tchernov, E. (1988). The biogeographical history of the southern Levant. *The zoogeography of Israel*, 159-250.
- Telezhenko, E., Magnusson, M., & Bergsten, C. (2017). Gait of dairy cows on floors with different slipperiness. *Journal of dairy science*, 100(8), 6494-6503.
- Terradas, X., Antolín, F., Bosch, À., Buxó, R., Chinchilla, J., Clop, X., Gibaja, J. F., Oliva, M., Palomo, A., Piqué, R., Saña, M., Tarrús, J. (2012). Áreas de aprovisionamiento, territorios de subsistencia y producciones técnicas en el Neolítico antiguo de La Draga. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, (5), 441-448.
- Thomas, R. (2008). Diachronic trends in lower limb pathologies in later medieval and post-medieval cattle from Britain. *Limping Together Through the Ages: Joint Afflictions and Bone Infections*. *Documenta Archaeobiologiae*, 6, 187-201.
- Thomas, R., & Mainland, I. (2005). Introduction: animal diet and health—current perspectives and future directions. *Diet and Health in Past Animal Populations: Current Research and Future Directions*. Oxford: Oxbow, 1-7.
- Tishkoff, S. A., Reed, F. A., Ranciaro, A., Voight, B. F., Babbitt, C. C., Silverman, J. S., ... & Ibrahim, M. (2007). Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe. *Nature genetics*, 39(1), 31.
- Tonda, D. (2019) Estudi de la paleopatologia òssia com a indicador de l'ús i estat de salut de les primeres poblacions d'animals domèstics: l'exemple dels bovins a la cova de les Pixarelles. Treball de recerca de Màster. Universitat Autònoma de Barcelona

- Tornero, C. (2011). *Estrategias de explotación, gestión y apropiación del ganado en las primeras sociedades campesinas del valle medio del éufrates. Integración de los análisis biogeoquímicos al estudio arqueofaunístico del yacimiento de tell halula (valle medio del éufrates, república árabe de siria)* (Doctoral dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona).
- Tornero, C., & Saña, M. (2006). Anàlisi d'isòtops estables en arqueologia: aplicació i integració a la recerca arqueològica. *Cota zero: revista d'arqueologia i ciència*, (21), 31-46.
- Tornero, C., Balasse, M., Bălăşescu, A., Chataigner, C., Gasparyan, B., & Montoya, C. (2016). The altitudinal mobility of wild sheep at the Epigravettian site of Kalavan 1 (Lesser Caucasus, Armenia): evidence from a sequential isotopic analysis in tooth enamel. *Journal of human evolution*, 97, 27-36.
- Tornero, Carlos & Balasse, Marie & Molist, Miquel & Saña, Maria. (2015). Seasonal reproductive patterns of early domestic sheep at Tell Halula (PPNB, Middle Euphrates Valley): Evidence from sequential oxygen isotope analyses of tooth enamel. *Journal of Archaeological Science*. 10.
- Tresset, A., & Vigne, J. D. (2011). Last hunter-gatherers and first farmers of Europe. *Comptes rendus biologiques*, 334(3), 182-189.
- Troy, C. S., MacHugh, D. E., Bailey, J. F., Magee, D. A., Loftus, R. T., Cunningham, P., Chamberlain, A.T., Skyes, B. C. & Bradley, D. G. (2001). Genetic evidence for Near-Eastern origins of European cattle. *Nature*, 410(6832), 1088.
- Trut, L. N. (1999). Early Canid Domestication: The Farm-Fox Experiment: Foxes bred for tamability in a 40-year experiment exhibit remarkable transformations that suggest an interplay between behavioral genetics and development. *American Scientist*, 87(2), 160-169.
- Turner, C. H. (1998). Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone*, 23(5), 399-407.
- Turner, C. H. (2006). Bone strength: current concepts. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1068(1), 429-446.
- Tutusaus, F. A., Azorín, M. B., Blanco, A., i Capdevila, R. B., García, L., Martín, R. M., Navarrete, V., Saña, M. & Verdún, E. (2018). La despensa doméstica y la despensa silvestre. In *La revolución neolítica: La Draga, el poblado de los prodigios* (pp. 83-87). Museo Arqueológico Regional.
- Uerpmann H. P. & Uerpmann M. (2012). Animals, Labour and Beasts of Burden in Southeast Arabian Pre—Protohistory. *Potts DT & Hellyer P. Fifty Years of Emirates Archaeology PotSICotAotUAE, editor*, 78-85.
- Uerpmann, H. P. (1973). Animal bone finds and economic archaeology: A critical study of 'osteo-archaeological' method. *World archaeology*, 4(3), 307-322.

- Uerpmann, H. P. (1978). Metrical analysis of faunal remains from the Middle East. *Approaches to faunal analysis in the Middle East*, 2.
- Uerpmann, H. P. (1987). The origin and relations of neolithic sheep and goats in the western mediterranean. *Premières communautés paysannes en méditerranée occidentale (Paris)*, 176-179.
- Upadhyay, M. R., Chen, W., Lenstra, J. A., Goderie, C. R. J., MacHugh, D. E., Park, S. D. E., Matassino, D., Ciani, F., Megens, H.-J., Van Arendonk, J. A. M., Groenen, M. A. M., European Cattle Genetic Diversity Consortium & RPMA Crooijmans (2017). Genetic origin, admixture and population history of aurochs (*Bos primigenius*) and primitive European cattle. *Heredity*, 118(2), 169
- Van Vuure, C. (2001). Retracing the aurochs. In *Neue Modelle zu Massnahmen der landschaftsentwicklung mit grossen Pflanzenfressern und praktische Erfahrungen bei der Umsetzung* (pp. 261-265).
- Vaquier, J. (1986). *Le Chasséen Méridional*. Paris, J.P. Demoule & J. Guilaine.
- Vigne, J. D. (2008). Zooarchaeological aspects of the Neolithic diet transition in the Near East and Europe, and their putative relationships with the Neolithic demographic transition. In *The Neolithic demographic transition and its consequences* (pp. 179-205). Springer, Dordrecht.
- Vigne, J. D. (2011). The origins of animal domestication and husbandry: a major change in the history of humanity and the biosphere. *Comptes rendus biologiques*, 334(3), 171-181.
- Vigne, J. D. (2013). The origins of mammals on the Mediterranean islands as an indicator of early voyaging. *Eurasian Prehistory*, 10(1-2), 45-56.
- Vigne, J. D. (2015). Early domestication and farming: what should we know or do for a better understanding?. *Anthropozoologica*, 50(2), 123-151.
- Vigne, J. D. (2016). DOMESTICATION PROCESS AND DOMESTIC UNGULATES: NEW OBSERVATIONS FROM CYPRUS. In *The origins and spread of domestic animals in southwest Asia and Europe* (pp. 115-128). Routledge.
- Vigne, J. D., Helmer, D. (2007) Was milk a “secondary product” in the Old World Neolithisation process? Its role in the domestication of cattle, sheep and goats. *Anthropozoologica* : 42(2), pp. 9-40.
- Villaverde, A. F., & Banga, J. R. (2014). Reverse engineering and identification in systems biology: strategies, perspectives and challenges. *Journal of the Royal Society Interface*, 11(91), 20130505.
- von den Driesch, A. (1976). *Das Vermessen von Tierknochen aus vor-und frühgeschichtlichen Siedlungen*. Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin.

- Von den Driesch, A., & Wodtke, U. (1997). The fauna of 'Ain Ghazal, a major PPN and early PN settlement in central Jordan. *The Prehistory of Jordan II. Perspectives from, 1997*, 511-56.
- Warden, S. J. (2006). Breaking the rules for bone adaptation to mechanical loading. *Journal of Applied Physiology*, 100(5), 1441-1442.
- Wasse, A. (2001). The wild goats of Lebanon: evidence for early domestication?. *Levant*, 33(1), 21-33.
- Watkins, T., 2010. New light on the Neolithic revolution in south-west Asia. *Antiquity* 84(325), 621–34
- Watson, J. P. N. (1975). Domestication and bone structure in sheep and goats. *Journal of Archaeological Science*, 2(1971), 375-383
- Watson, J. P. N. (1975).
- Watson, P.R. (1981). Animal Traction. Peace Corps Information Collection and Exchange. Appropriate Technologies for Development. Manual Number M-12. Washington: TransCentury Corporation.
- Webster, M. S., Pruett-Jones, S., Westneat, D. F., & Arnold, S. J. (1995). Measuring the effects of pairing success, extra-pair copulations and mate quality on the opportunity for sexual
- Widstrand, C. G. (1975). The rationale of nomad economy. *Ambio*.
- Wilkins AS, Wrangham RW and Fitch WT (2014) The 'domestication syndrome' in mammals: A unified explanation based on neural crest cell behavior and genetics. *Genetics* 197(3): 795–808.
- Wilkinson, K., & Stevens, C. (2008). *Environmental archaeology: approaches, techniques and applications*.
- Wilkinson, P. F. (1974). Behaviour and domestication of the musk ox. *The Behavior of Ungulates and Its Relation to Management*, 2, 909-920.
- Willcox G. (2000) – Nouvelles données sur l'origine de la domestication des plantes au Proche Orient. In : Guilaine J. (Ed.), Premiers paysans du monde. Naissances des agricultures. Paris : Editions Errance, collection Espérides, pp. 121-139.
- Willcox, G. (2014). Les premiers indices de la culture des céréales au Proche-Orient. *La transition néolithique en Méditerranée*, 46-58.
- Willcox, G., Buxo, R., & Herveux, L. (2009). Late Pleistocene and early Holocene climate and the beginnings of cultivation in northern Syria. *The Holocene*, 19(1), 151-158.
- Woolliams, J. A., Matika, O., & Pattison, J. (2008). Conservation of animal genetic resources: approaches and technologies for in situ and ex situ conservation. *Animal Genetic Resources/Recursos genéticos animales/Recursos genéticos animales*, 42, 71-85.

- Wright, E., & Viner-Daniels, S. (2015). Geographical variation in the size and shape of the European aurochs (*Bos primigenius*). *Journal of Archaeological Science*, *54*, 8–22.
- Wright, G. A., & Miller, S. J. (1976). Prehistoric hunting of New World wild sheep: Implications for the study of sheep domestication. *Cultural change and continuity: Essays in honor of James Bennett Griffin*, 293-318.
- Yartah, T. (2004). Tell'Abr 3, un village du néolithique précéramique (PPNA) sur le Moyen Euphrate. Première approche. *Paléorient*, 141-158.
- Zazzo, A., Lebon, M., Quiles, A., Reiche, I., & Vigne, J. D. (2015). Direct dating and physico-chemical analyses cast doubts on the coexistence of humans and dwarf hippos in Cyprus. *PLoS one*, *10*(8), e0134429.
- Zeder, M. A. (1978). Differentiation between the bones of caprines from different ecosystems in Iran by the analysis of osteological microstructure and chemical composition. *Approaches to faunal analysis in the Middle East*, *2*, 69.
- Zeder, M. A. (2001). A Metrical Analysis of a Collection of Modern Goats (*Capra hircus aegargus* and *C. h. hircus*) from Iran and Iraq: Implications for the Study of Caprine Domestication. *Journal of Archaeological Science*, *28*(1), 61-79.
- Zeder, M. A. (2006). Central questions in the domestication of plants and animals. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, *15*(3), 105-117.
- Zeder, M. A. (2008). Animal domestication in the Zagros: an update and directions for future research. *Publications de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée*, *49*(1), 243-277.
- Zeder, M. A. (2012). Pathways to animal domestication. *Biodiversity in agriculture: domestication, evolution, and sustainability*, 227-259.
- Zeder, M. A., & Lapham, H. A. (2010). Assessing the reliability of criteria used to identify postcranial bones in sheep, *Ovis*, and goats, *Capra*. *Journal of Archaeological Science*, *37*(11), 2887-2905.
- Zelditch, M. L., Lundrigan, B. L., & Garland Jr, T. (2004). Developmental regulation of skull morphology. I. Ontogenetic dynamics of variance. *Evolution & development*, *6*(3), 194-206.
- Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D., & Fink, W. L. (2004). Introduction. Geometric Morphometrics for Biologists, 1–20
- Zemrich, A., Manthey, M., Zerbe, S., & Oyunchimeg, D. (2010). Driving environmental factors and the role of grazing in grassland communities: a comparative study along an altitudinal gradient in Western Mongolia. *Journal of Arid Environments*, *74*(10), 1271-1280.
- Zhang, Q., Ding, X., & Xu, K. (2015). Terrain adaptability mechanism of large ruminants' feet on the kinematics view. *Applied bionics and biomechanics*, 2015.

Zhao, K., & Jurdak, R. (2016). Understanding the spatiotemporal pattern of grazing cattle movement. *Scientific reports*, 6, 31967.

Zilhao, J. (2000). From the Mesolithic to the Neolithic in the Iberian Peninsula. *Europe's first farmers*, 144-182.

Zimmermann, M. I., Pöllath, N., Özbaşaran, M., & Peters, J. (2018). Joint health in free-ranging and confined small bovids - Implications for early stage caprine management. *Journal of Archaeological Science*, 92, 13–27.

## INDEX DE TAULES I FIGURES

Figura 1 Tell Hallula en el marc del Sud-oest asiàtic i els principals jaciments mencionats en el text. <i>Mapa modificat a partir de Rowanwindwhistler at English Wikipedia.</i> .....	55
Figura 2 Vista de tell Halula. <i>Font: GRAMPO</i> .....	55
Figura 3 Tell Halula, Síria. A l'esquerra, construccions d'època Pre-Halaf. A la dreta, un recinte domèstic de l'ocupació del PPNB. <i>Font Grampo</i> .....	56
Figura 4 Ubicació de l'assentament de la Draga i àrees intervingudes fins al 2016. <i>Font: López-Bultó i Piqué 2018.</i> .....	71
Figura 5 Vista aèrea de l'entrada a la Cova de les Pixarelles, Tavertet. <i>Font: Grampo</i> .....	76
Figura 6 Procès d'excavació del sondeig realitzat al nivell XXII entre els anys 2016 i 2019. S'observa la composició cendrosa del sediment i l'elevada concentració de restes de fauna. <i>Font: Grampo</i> .....	80
Figura 7 Resultats de les datacions radiocarbòniques. A Beta 443491.- Mostra PIX 16-XXII-96 (Fragments de costella de Bos) 5000 +/-30 BP (cal 3930 to 3875 ane). Es va datar un fragment de costella de Bos PIX-16-96 DE 12,59 Gr procedent de la ue. XXII. B Beta 443492.- Mostra PIX 16-XXII-561 (Fragments de costella de Bos) 4890 +/-30 BP (cal 3705 to 3640 ane) Es va datar un fragment de costella de Bos PIX-16-561 DE 38,34Gr procedent de la ue. XXII.....	82
Figura 8 Intervals de variació de les datacions obtingudes per a la Cova de les Pixarelles.....	82
Figura 9 <i>Capra aegagrus</i> . A l'esquerra, húmer. A la dreta, tibia. El punt negre marca el punt de tall per a la secció transversal.....	123
Figura 10 Protocol de col·locació dels landmarks i semi-landmarks utilitzat en aquest treball, seguint Evin et al. 2013. <i>Autor de la imatge Allowen Evin.</i> .....	129
Figura 11 Procés de captura d'imatges amb l'aparell de tomografia computada de l'Hospital Mútua de Terrassa. Tècnic radiològic, a la foto, Freddy.....	131
Figura 12 Exemple de les mesures preses per al càlcul de les diferents propietats biomecàniques a partir d'una secció transversal d'una tibia (a l'esquerra) i un húmer (a la dreta) .....	133
Figura 13 Captura de pantalla del procés de treball per extreure la informació gràfica dels ossos a partir de les imatges obtingudes amb l'aparell de tomografia computada. A la imatge, un metatarsià amb l'epífis distal fracturada.....	138
Figura 14 Imatge d'exemplificació dels punts de tall per a les diferents parts esquelètiques analitzades. D'esquerra a dreta: húmer, metacarpiana distal, falange, metacarpiana proximal i tibia. El punt negre indica el punt de tall.....	139
Figura 15 A l'esquerra, anàlisi de component principal a partir de les mesures preses i tenint en compte les categories d'edat definides( de més jove a més gran ...C, D, E, F, G) i el sexe de l'animal (f=femella, m=mascle). A la dreta, gràfic de dispersió mostrant un dimorfisme sexual marcat entre les dues poblacions. ....	165
Figura 16 Dispersió de les diferents mesures de l'epífis de l'húmer on es pot apreciar el grau de dimorfisme sexual (GDS), quantificat a la taula de la dreta. ....	165
Figura 17 <i>Capra aegagrus</i> de referència. Húmer. A dalt, relació entre Ct.Ar i Tt.Ar de l'húmer. A sota, diagrama de caixes i bigotis representant la mitjana i variabilitat de la quantitat relativa de massa cortical de l'húmer. ...	166

Figura 18 <i>Capra aegagrus</i> de referència. Húmer. A dalt, relació entre els moments d'inèrcia anteroposterior i mediolateral de l'húmer. A sota, diagrama de caixes i bigotis representant la distribució de la massa cortical al voltant de l'eix principal de l'húmer.....	167
Figura 19 <i>Capra aegagrus</i> de referència. Húmer. Moment polar de l'àrea (J) reflectint la resistència de l'húmer de a les forces de torsió. ....	167
Figura 20 <i>Capra aegagrus</i> de referència. Tíbia. A l'esquerra, dispersió dels valors de Ct.Ar i Tt.Ar de la tíbia, diferenciant per sexe. A la dreta, diagrama de ciaxes i bigotis que expressa la mitjana i la variabilitat de la quantitat relativa de massa cortical en la secció de la tíbia de <i>Capra aegagrus</i> de referència .....	168
Figura 21 <i>Capra aegagrus</i> de referència. Tíbia. A l'esquerra, dispersió dels moments anteroposterior i mediolateral. A la dreta, diagrama de caixes i bigotis que expressa la distribució de la massa cortical al voltant de l'eix central a partir del coeficient de circularitat,.....	168
Figura 22 <i>Capra aegagrus</i> de referència. Tíbia. Dispersió dels resultats de J en relació a la mida després d'eliminar l'efecte de la mida mitjançant ACP. A l'esquerra, amb l'individu 84486. A la dreta, sense l'individu 84486. ....	169
Figura 23 A l'esquerra, l'anàlisi de component principal de les mesures de l'epífisis de l'húmer separen la població <i>Capra hircus</i> i <i>Capra aegagrus</i> de tell Halula. A la dreta, l'ACP sobre les mesures de <i>Capra hircus</i> mostren les diferències de mida per períodes de la població domèstics de tell Halula.....	171
Figura 24 A l'esquerra, anàlisi de component principal de les mesures de la diàfisi distal de l'húmer de les cabres del Període 1 amb el referencial salvatge. A la dreta Myxture analysis que indica la presència de ues poblacions .....	172
Figura 25 A l'esquerra, anàlisi de component principal de les mesures de la diàfisi distal de l'húmer de les cabres del Període 2 amb el referencial salvatge. A la dreta Myxture analysis que indica la presència de ues poblacions .....	173
Figura 26 A l'esquerra, anàlisi de component principal de les mesures de la diàfisi distal de l'húmer de les cabres del Període 3 amb el referencial salvatge. A la dreta Myxture analysis que indica la presència de ues poblacions .....	173
Figura 27 A l'esquerra, dispersió dels valors de l'amplada distal i l'alçada màxima de la tròclea dels húmer de la població de Halula amb la població salvatge de referència. A la dreta, comparació de la població salvatge de referència amb una població salvatge arqueològica. ....	174
Figura 28 A l'esquerra, dispersió dels valors de Ct.Ar amb Tt.Ar. A la dreta, gràfic de caixes i bigotis, on es visualitza la variabilitat en la quantitat relativa de massa cortical. ....	174
Figura 29 Coeficient de circularitat dels humers de l població de cabres de Halula.....	175
Figura 30 A l'esquerra, moment polar de l'àrea (J) expressat en relació a la mida dels individus. A la dreta, el gràfic de ciaxes i bigotis mostra la variabilitat de la resistència a la torsió (J).....	175
Figura 31 Dispersió de les mesures de l'húmer en relació a la població salvatge de referència i una població de cabres salvatges arqueològiques d'Abou Gosh .....	176
Figura 32 Gràfics de caixes i bigotis on s'expressa la variabilitat al llarg de la seqüència i en relació a la població de referència pel que fa a la quantitat relativa de massa cortical (esquerra) i circularitat (dreta) .....	177
Figura 33 Moment polar de l'àrea dels húmer de cabra de tell Halula amb la població salvatge de referència	178



Figura 34 Anàlisi de component principal de les mesures de la diàfisi distal de les tíbies de cabra de tell Halula. En groc, P1, blau P2 i bermell P3 .....	178
Figura 35 Anàlisi de component principal de les mesures de l'epífisi distal de les tíbies de cabra del P3 en relació a la població salvatge de referència. El myxture analysis, a la dreta, en base a Bd, permet confirmar la presència de dues poblacions en base a la mida .....	179
Figura 36 Anàlisi de component principal de les mesures de l'epífisi distal de les tíbies de cabra del P1 en relació a la població salvatge de referència. El myxture analysis, a la dreta, en base a Bd, permet confirmar la presència de dues poblacions en base a la mida .....	179
Figura 37 Anàlisi de component principal de les mesures de l'epífisi distal de les tíbies de cabra del P2 en relació a la població salvatge de referència. El myxture analysis, a la dreta, en base a Bd, permet confirmar la presència de dues poblacions en base a la mida .....	179
Figura 38 A l'esquerra, dispersió dels valors de Ct.Ar i Tt.Ar. Al centre, variabilitat de la quantitat relativa de massa cortical. A la dreta variabilitat en la distribució de la massa en la secció .....	180
Figura 39 Distribució dels valors de J en relació a la mida dels espècimens, a l'esquerra. A la dreta, variabilitat de la resistència a la torsió de la tibia. ....	180
Figura 40 A l'esquerra, dispersió de les mesures de la diàfisi de les tíbies amb la població salvatge de referència. A la dreta, grafic de caixes i bigotis amb la variabilitat de la quantitat relativa de massa cortical en comparació a la població salvatge de referència.....	181
Figura 41 A l'esquerra, variabilitat en la distribució de la massa cortical de les tíbies de tell Halula en comparació amb la població salvatge de referència. A la dreta, variabilitat en la resistència a la torsió. ....	182
Figura 42 Dispersió de les mesures de les epífisis distal (esquerra) i proximal (a la dreta) .....	183
Figura 43 Resistència a la torsió a la part proximal (esquerra) i distal dreta).....	184
Figura 44 Dispersió de les mesures de l'epífis proximal ( a l'esquerra) i distal (a la dreta) del metatarsià de les cabres de tell Halula. ....	185
Figura 45 Resistència a la torsió en la part proximal (esquerra) i distal (dreta) del metatarsià .....	186
Figura 46 Distribució de la massa cortical a la part proximal del metatarsià(esquerra i a la part distal (dreta) ..	186
Figura 47 Dispersió de les mesures de l'epífisi del metacarpia d'ovella. A l'esquerra, epífisi proximal, A la dreta, epífisi distal. ....	188
Figura 48 Resistència a la torsió de les parts proximal (esquerra) i distal (dreta) del metatarsià .....	189
Figura 49 Dispersió de les mesures de les epífisis proximal (Esquerra) i distal (dreta) dels metacarpians d'ovella .....	190
Figura 50 Resistència a la torsió de les parts proximal (esquerra) i distal (dreta) del metatarsià d'ovella .....	191
Figura 51 Variabilitat en la mida de les poblacions de bous del nord-est peninsular. D'esquerra a dreta Castillejos i cueva de Chaves ( <i>Bos primigenius</i> ), cueva de Chaves, la Draga, Cova del Frare, Reina Amàlia i Sant Pau del Camp. A partir de: Antolín et al. 2014).....	197

Figura 52 El myxture analysis sobre la llargada de la falange permet separar dues poblacions dintre de les falanges anteriors i posterior. El mysture analysis sobre l'amplada posterior permet separar una segona població dintre dels mascles identificada com a mascles. ....	198
Figura 53 Distribució de les mesures de la falange, a l'esquerra. Grpafic dels residuals de la regressió lineal a la dreta.....	199
Figura 54 Dispersió dels valors de la Ct.Ar i la Tt.Ar, a l'esquerra. A la dreta quantitat relativa de massa cortical .....	200
Figura 55 Dispersió del moment de l'àrea anteroposterior i mediolateral de la falange, diferenciant entre mascle, femella i castrats (a l'esquerra). Variabilitat en la distribució de la massa cortical al grafic de caixes i bigotis de la dreta.....	201
Figura 57 Distribució dels valors de J de la falange anterior en relació a la mida dels individus, a l'esuqerra. A la dreta, variabilitat entre mascles, femelles i castrats pel que fa a la seva resistència a la torsió. ....	201
Figura 56 Dispersió de les mesures de les falanges posteriors dde mascles i femelles de la Draga. ....	202
Figura 58 Dispersió dels valors de Ct.Ar i Tt.Ar a l'esquerra i quantitat relativa de massa cortical a la dreta. ...	202
Figura 59 Dispersió dels valors obtiguts per al moment de l'àrea anteroposterior i mediolateral de la falange anterior, a l'esquerra. A la dreta, variabilitat en la quantitat relativa de massa cortical comparada entre mascles i femelles .....	203
Figura 60 Resistència a la torsió de la falange posterior en relació a la mida, a l'esquerra. A la dreta, variabilitat en la resistencia la torsió entre mascles i femelles. ....	204
Figura 61 Variabilitat en la mida de les poblacions de bous del nord-est peninsular. D'esquerra a dreta Castillejos i cueva de Chaves ( <i>Bos primigenius</i> ), cueva de Chaves, la Draga, Cova del Frare, Reina Amàlia, Sant Pau del Camp i Pixarelles. Mod. de Antolín et al. 2014).....	206
Figura 62 Dispersió de les mesures de les falanges en relació a un grup de referència de Bos Primigenius de Castillejos i de Bos taurus de Castillejos, Cerro de la Horca, la Draga, Bora Gran, Ereta del Pedregal .....	207
Figura 63 Anàlisi de component principal de les mesures de la falange, Glpe, Bd, SD i Bp .....	208
Figura 64 Dispersió de les dades de la Ct.Ar i Tt.Ar de les falanges anteriors i quantitat relativa de massa cortical (a la dreta).....	210
Figura 65 Mostra de les patologies documentades a la cova de les Pixarelles. A dalt, evidències de supervivència a traumatismes diversos. A sota, lipping i aixamplament de la tròclea. ....	209
Figura 66 Dispersió dels valors del moment de l'àrea, a l'esquerra, i quantitat relativa de massa cortical de les falanges anteriors.....	210
Figura 67 Valors de J en relació a la mida , a l'esquerra. A la dreta, gràfic de caixes i bigotis amb la variabilitat de J en femelles i mascles .....	211
Figura 68 Falange posterior. Disprsió de les mesures linials Glpe i Bp ( a l'esquerra). Dispersió de les valors de Ct.Ar i Tt.Ar (al mig). Variabilitat en la quantitat relativa de massa cortical entre mascles i femelles de Pixarelles .....	212

Figura 69 Dispersió dels valors del moment de l'àrea, a l'esquerra, i variabilitat de la distribució de la massa cortical., a la dreta. ....	212
Figura 70 Resistència a les forces de torsió en relació a la mida, a l'esquerra. A la dreta, variabilitat entre mascles i femelles. ....	213
Figura 71 Comparació de la mida de les falanges anteriors, a l'esquerra, i les posteriors, a la dreta, analitzades de la Draga i Pixarelles ....	215
Figura 72 Comparació de la dispersió dels valors de la Ct.Ar i Tt.Ar en les falanges anteriors i posteriors de la Draga i Pixarelles. ....	215
Figura 73 Comparació de la quantitat relativa de massa cortical en les falanges anteriors i posteriors de mascles i femelles de la Draga i Pixarelles. ....	216
Figura 74 Distribució de la massa cortical en les falanges anteriors i posteriors de mascles i femelles de la Draga i Pixarelles ....	217
Figura 75 Representació dels valors de J obtinguts després d'eliminar els efectes de mida per a les falanges posteriors per a mascles i femelles de la Draga i Pixarelles. Es ressalten les àrees significativament diferent a partir del clustering analysis de J.....	218
Figura 76 Representació dels valors de J obtinguts després d'eliminar els efectes de mida per a les falanges anteriors per a mascles, femelles i castrats de la Draga i Pixarelles. Es ressalten les àrees significativament diferent a partir del clustering analysis de J.....	218
Figura 77 A l'esquerra, clustering de J de les falanges anteriors de la Draga i Pixarelles. A la dreta, clustering analysis de les falanges posteriors de la Draga i Pixarelles. ....	219
Taula 1 Mostres seleccionades de <i>Capra aegagrus</i> com a referencial. S'indica el Codi de referència, la regió d'origen (GR), el relleu esperat per al punt de recollida de les restes (R; P=plana; M=Muntanya), sexe de l'animal (SX; F=femella; M=mascle), Os (HÚmer i TÍbia) i lateralitat (R=dreta i L=esquerra). S'indiquen també les mesures segons von den Driesch 1976 i Helmer 1995.....	161
Taula 2 Quadre resum de les propietats mecàniques de l'húmer de cabra per períodes.....	174
Taula 3 Resum de les propietats mecàniques de la tÍbia en relació a mascles i femelles.....	179
Taula 4 A dalt resum de la quantitat relativa de massa cortical de metacarpians i metatarsians. A sota, distribució de la massa cortical en metacarpians i metatarsians.....	182
Taula 5 Resum de les propietats mecàniques d'húmers, tÍbis, metacarpians i metatarsians.....	185
Taula 6 Resum de les propietats mecàniques de les parts distals i proximals de metacarpians i metatarsians d'ovella i cabra de tell Halula.....	187

# ANNEXOS

## ANNEX I. CODIS UTILITZATS

F. O. : fases d'ocupació  
IP: investigador principal  
LP: *Lactase persistence*  
BC: *Calibrated Before Christ*  
BP: *Calibrated Before Present*  
EPPNB: *Early Pre Pottery Neolithic B*  
MPPNB: *Middle Pre Pottery Neolithic B*  
LPPNB: *Late Pre Pottery Neolithic B*  
PPNB: *Pre Pottery Neolithic B*  
PPNC: *Pre Pottery Neolithic C*  
PPNA: *Pre Pottery Neolithic A*  
PPND: *Pre Pottery Neolithic D*  
cal ANE : *calibrat abans de la nostra era*  
cal: *calibrat*  
cal BP: *Calibrated Before Present*  
NCC: *Cèl·lules de Cresta Neural*  
QTL: *Quantitative Trait Locus*  
GC: *Gas Chromatography*  
IRMS: *Infra Red Mass Spectrometry*  
sp.: *espècie*  
cf. : *família*  
ACP: *Anàlisi de Component Principal*  
LEH: *Hipoplàsia Lineal d'Esmalt*  
TAC: *Tomografia Axial Computeritzada*  
TC: *Tomografia Computeritzada*  
SVD: *Descomposició de Valors Singulars*  
msnm: *metres sobre el nivell del mar*  
LSI: *Long Size Index*  
NRA: *número de restes analitzades*  
NMI: *Número Mínim d'Individus*  
Stand. Dev: *desviació estàndard*  
CV: *Coefficient de Variança*  
GMM: *geometria morfomètrica*  
Llistat de codis utilitzats en aquest treball  
Àrea en l'os  
P: proximal  
D: distal  
ant: anterior  
post: posterior  
c: cara (palmar, dorsal, lateral, externa, interdigital)  
ct: costat  
Lateralitat:  
D: dreta  
E: esquerra  
Fraccions òssies  
CST: costelles  
F1: primera falange  
F2: segona falange  
F3: tercera falange  
FE: fèmur  
HU: húmer  
MT: metàpode  
MTC: metacarpia  
MTT: metatars  
PEL: pelvis  
RA: radi  
TI: tibia  
UL: ulna

V: vèrtebres

Dents:

D3: molar decidua 3

M1: Primer molar

M2: Segon molar

M3: Tercer molar

DP4: Quart premolar permanent

Unitats anatòmiques significatives (Uerpman, 1972):

C: crani

T: tronc

EA: extremitats anteriors

EP: extremitats posteriors

ED: part distal de les extremitats

SD: secció distal de les extremitats

ST: secció del tronc

SC: secció del crani

FEX: fraccions de les extremitats anteriors i posteriors

Sexe

♂: mascle

♀: femella

Unitats de quantificació

NR: nombre de restes

NRA: nombre de restes analitzades

NISP: nombre de restes determinades a nivell anatòmic i taxonòmic

NMI: nombre mínim d'individus

NRD: nombre de restes determinades

Afectacions osteomorfològiques

lipp: lipping proximal

ex: exostosi

exp: exostosi proximal

exd: exostosi distal

ebp: eburnation proximal

ebd: eburnation distal

ext: extensió de la tròclea medial

dep: depressió palmar

dec: depressió (localitzada a les costelles)

pitt: pitting

psy: porosity

LEH: linear enamel hypoplasia

Biometria

bp, bd, Sd, GL

Edat

INF: infantil

JU: juvenil

SUB: sub-adult

AD: adult

Altres:

IP: índex patològic

IPI: índex patològic individual

PAT: patologia (es)

PX: Pixarelles

## ANNEX II. BASES DE DADES

### Cova de les Pixarelles

Codi temporal	Fracció	Os	Laterali tat	Espècie	Fusió	CNX	º frag. CST	OBSERVACIONS
T1	Ep Dm	MT	d	BOTA		t2 t3		
T2		CPTZ	d	BOTA		t1 t3		
T3		GCN	d	BOTA		t1 t2		
T4	Ed Dd	MT		BOTA	f			
T5	Ed Dm	MC		BOTA				
T6	Ed Dp	MC	e	BOTA				
T7	Ed	TI	d	BOTA	nf	t8		
T8		TA	d	BOTA		t7		
T9		TA	d	BOTA				
T10		CA	d	BOTA				
T11		BULLA		BOTA				
T12	Cue. Temp. P2-M3	CR (MX)		BOTA				
T13	Dd Ed	RA	d	BOTA	pf			
T14	Orb.	CR		BOTA				
T15	Occ.	CR		BOTA				
T16	Cue.	CR	d	BOTA				
T17	Cue. (frag.)	CR		BOTA				
T18	(frag.)	ZIGO	e	BOTA				
T19	MX	CR		BOTA				
T20	Cue. (frag.)	CR	d	BOTA				
T21	Dd Ed	HU		CAHI	f			
T22		CPTZ	e	SUS		t23		
T23		GCN	e	SUS		t22		
T24		ZIGO	e	BOTA				
T25	Cue. (frag.)	CR	d	BOTA				
T26	Cue. (frag.)	CR		BOTA				
T27	Fron.	CR		BOTA				
T28	Dd	HU		BOTA				
T29	Fron.	CR		BOTA				
T30		FA2		CAHI				
T31		BULLA		BOTA				
T32	Dd	HU		BOTA	nf			
T33	Ep	HU	e	BOTA	f			
T34	Ed	HU	d	BOTA	nf			
T35	Dd Ed	FE	d	BOTA	f			
T36	Ep Dp	HU	e	BOTA	f			
T37	Ep Dp	HU	d	BOTA	nf			
T38	Dm Dd	HU	d	BOTA	nf			
T39	Ep Dp	TI	d	BOTA	f			
T40	Dm Ed	TI	e	BOTA	f			
T41	Corp.	E	d	BOTA				
T42	Art. Coll. Corp. Esp.	E	d	BOTA	f			
T43	Corp.	E	e	BOTA				

T44	Acet.	PEL		BOTA		
T45	Dd Ed	HU	e	OVAR?		
T46	Ep	TI		SUS	nf	
T47	Dm Dd	TI	d	BOTA		
T48	FOL Dp	TI	d	BOTA		
T49	Dd	TI	e	BOTA	nf	
T50	FOL Dm	HU		BOTA		
T51	Dd	FE	e	BOTA		
T52	Dd	TI	d	BOTA	nf	
T53	Ep Dm	MC	d	BOTA		
T54	DOL			BOTA		
T55	Dp Dm	TI	d	BOTA		
T56	Dm	HU	d	BOTA		
T57	Dm	TI		BOTA		
T58	Dd	TI	e	BOTA	nf	
T59	Dm	TI	d	BOTA		
T60	Dp	TI	d	BOTA		
T61	Dm Dd	FE		BOTA		
T62	Dp	TI	d	BOTA		
T63	Dm Dd	MT		BOTA		Cremit parcial negre
T64	Ed	MP		BOTA		
T65	Ed Dd	RA	d	BOTA	f	
T66	Ep Dp	RA	d	BOTA	pf	
T67	Cue.	CR	d	CAHI		
T68	Ep Dp	RA	e	BOTA	f	T69
T69	Ep Dp	UL	e	BOTA	f	T68
T70	Ep	FE		BOTA	nf	
T71	Acet. Ili. Isq.	PEL	e	OC	nf	Mascle
T72		UL	d	BOTA	f	
T73	Ed Dd	FE	d	OC	nf	
T74		UL	d	BOTA		
T75		UL	d	BOTA	nf	Talla gran
T76		UL	d	BOTA	nf	
T77		ROT	d	BOTA		
T78	Ala.	PEL		BOTA		
T79		ROT	e	BOTA		
T80		ROT	e	BOTA		
T81	M3	CR (MX)	e	OC (CAHI?)		
T82		CAR IV	e	BOTA		
T83		UL	d	BOTA	nf	
T84	Ed	FE	e	BOTA	nf	
T85	Ep	RA	d	BOTA		T86 Adult, no mesurable
T86	Ep Dp	UL	d	BOTA		T85 Adult, no mesurable
T87	Dd Ed	FE	d	BOTA	pf	
T88	Cap.	FE	d	BOTA	nf	
T89		CAPP II+II	d	BOTA		Jove
T90	Corp.	CST		OC		



T91		PEL	e	SUS	
T92	Ala.	PEL	d	BOTA	
T93	Ala. lli.	PEL	e	BOTA	
T94	Acet. lli. lsq.	PEL	e	BOTA	Talla gran
T95	Corp.	VT		BOTA	f
T96	Corp.	VL		BOTA	f
T97	Ptrans.	VCe		BOTA	nf
T98	Corp.	VCa		BOTA	
T99	Corp. Ptrans. Esp.	VT		BOTA	nf
T100	Ptrans.	VL		BOTA	f
T101	Esp.	VT		BOTA	f
T102	Corp.	VL		BOTA	pf
T103	Corp.	VL		BOTA	pf
T104	Ptrans. Corp. (1/2)	VCe		BOTA	f
T105	Art. cran. Corp.	AX		BOTA	Decapitat
T106	Art. cran. Corp.	VT		BOTA	
T107	Arts. Corp.	AT		BOTA	f
T108	Esp.	VL		BOTA	
T109	Esp.	VT		BOTA	f
T110	Esp.	VL		BOTA	f
T111		VCa		BOTA	nf T112
T112		SAC I		BOTA	nf T111
T113	Esp.	VT		BOTA	f
T114	Corp.	VL		BOTA	pf
T115	Corp.	VL		BOTA	pf
T116	Art. cran.	AT		BOTA	f
T117	Art. cran. Corp.	VCe		BOTA	nf
T118	Art. cran. Corp. Ptrans.	VCe		BOTA	f
T119	f. Corp.	VCe		BOTA	f
T120	Ptrans.	VL		BOTA	
T121	Corpus	VL		BOTA	nf
T122	Arts. Corp.	AT		BOTA	f
T123	2 V inter.	SAC		BOTA	f
T124	Corp.	VCe		BOTA	nd
T125	Occ. (basal)	CR		BOTA	
T126	Art. cau.	VL		BOTA	nf
T127	Art. cran.	AT		BOTA	
T128	Corp. Ptrans.	VCe		BOTA	
T129	Ptrans.	VCe		BOTA	f
T130	Corp.	VL		BOTA	
T131	Art. cran.	VL		BOTA	nf
T132	Ptrans.	VCe		BOTA	nd
T133	Esp.	VT		BOTA	
T134	Art.	SAC. I		BOTA	
T135	Acet.	PEL		OC	
T136	Dd Ed	TI	d	CAHI	nf
T137		FA1		BOTA	
T138		FA1		BOTA	

T139		FA1		BOTA		
T140		FA1		BOTA		
T141		FA1		BOTA		
T142		FA1		BOTA		
T143		FA1		BOTA		
T144		FA2		BOTA		
T145		FA2		BOTA		
T146		FA3		BOTA		
T147		FA3		BOTA		
T148		FA3		BOTA		
T149		FA3		BOTA		Jove
T150		FA3		BOTA		
T151		FA3		BOTA		Jove
T152		FA3		BOTA		
T153		FA3		BOTA		
T154		FA3		BOTA		
T155		FA2		BOTA		
T156		FA2		BOTA		
T157		FA3		BOTA		
T158	Ep Dp	MT	e	OC		
T159	Esp.	VT		OC		
T160	Dp Dd	RA	d	OC		
T161	Dp	HU	d	oc		
T162	Dd Ed	MT		CPCP?		
T163	Corp.	CST		OC		
T164		VCe		OC	nf	
T165	Dp Dm	MT		MMND		
T166	DOLND	ND		MMND		
T167				Au		
T168				Au		
T169	Ep Dp	FA1		SUS	nf	Dit petit
T170	Ep Dd	MTT II	e	SUS	nf	
T171	Dm Dd	MP		SUS	nf	
T172	Os incisive (i1, i2)	CR (MX)		SUS		
T173	Ang.	CR (MD)		SUS		
T174	Acet. Ili.	PEL		OC		fetal
T175	Sinf. Dias.	CR (MD)	d	BOTA		
T176	Corp. M3	CR (MD)	d	BOTA		
T177	Sinf. Dias.	CR (MD)		BOTA		
T178		MA	d	BOTA		
T179	Pcor.	CR (MD)		BOTA		
T180	P3 - M2	CR (MD)	d	BOTA		
T181	Cond.	CR (MD)	d	BOTA		
T182	D4	CR (MX)		BOTA		
T183	Corp.	CR (MD)		BOTA		

T184	M1	CR (MD)		BOTA	
T185	Corp.	CR (MD)		BOTA	
T186	Cond.	CR (MD)	e	BOTA	
T187	Corp.	CR (MD)		BOTA	
T188	Corp. Ang. Cond. Pcor.	CR (MD)	d	BOTA	
T189	P2 - P3	CR (MX)	d	BOTA	
T190	M2	CR (MD)	d	BOTA	
T191	Sinf. Dias.	CR (MD)	d	BOTA	
T192	P4 - M3	CR (MX)	e	BOTA	M3 just erupcionat
T193	P2 - M2	CR (MD)	D	BOTA	
T194	Temp.	CR		BOTA	
T195		VCe		OC	nf
T196		MT		BOTA	T197 T198
T197		CPTZ		BOTA	T196 T198
T198		GCUN		BOTA	T196 T197
T199	I	CR (MD)		BOTA	
T200	I	CR (MD)		BOTA	
T201	M3	CR (MD)	d	BOTA	
T202	M3	CR (MD)	e	BOTA	
T203	M3	CR (MD)	d	BOTA	
T204	P4 - M1	CR (MX)	e	BOTA	
T205	M2-M3	CR (MX)	d	BOTA	
T206	D3-M3	CR (MX)	d	BOTA	P4 en espera. M3 en erupció
T207	P3	CR (MX)	d	BOTA	
T208	Sinf. Dias. D2-M2	CR (MX)	e	BOTA	
T209	M2-M3	CR (MD)	e	BOTA	Patologia
T210	Sinf. Dias.	CR (MD)	d	BOTA	
T211	I	CR (MD)		BOTA	
T212	I	CR (MD)		BOTA	
T213	I	CR (MD)		BOTA	
T214	P4-M3			BOTA	Corona cremada
T215	Cap.	CST		BOTA	f
T216	Corp.	CST		BOTA	
T217	Corp.	CST		BOTA	
T218	Acet.	PEL		BOTA	nf
T219		TA	d	CAHI	
T220	M1	CR (MX)	d	BOTA	Parcialment cremat
T221	Dd	RA	e	OC	nf

T222	Corp.	CST		OC	nf	
T223	Corp.	CST		OC	nf	
T224	Dm Ed	RA	d	OC		
T225	Corp.	CST		OC	nf	
T226		TA	e	CAHI		
T227	Ep.	HU		OC	nf	
T228		CAL	d	CAHI		
T229	Corp.	CST		OC		
T230	Dd Ed	RA	d	OVAR	pf	
T231	Dp Dd	TI	d	OC		
T232	Corp.	CST		OC	nf	
T233		VL		OC	f	
T234		RA	e	CAHI	f	
T235		FA2		CAHI		
T236	Dp Dm	FE		OC		
T237	Corp. M1-M3	CR (MD)		OC		
T238	Dm	FE		OC		
T239	Corp.	CST		OC		
T240	Nas.	CR		OC		
T241	I	MD		OC		
T242	FOP	CR		BOTA		
T243	FOP	CR (MD)		BOTA		
T244	FOP	PEL		OC		
T245	Ed	RA		OC		
T246	Dd Ed	HU		CAHI		
T247	Dm	RA		OC		
T248		FA2		CAHI	f	
T249		FA3		BOTA		
T250	D4	CR (MX)		BOTA		
T251	Art. Coll. Esp.	E	d	CAHI	f	
T252	DOL			OC		
T253	Ep	UL		OC		
T254		TA	d	CAHI		Calcinat
T255	Dp	TI		OC		
T256	Corp. Ptrans.	VL		OC		
T257	Dm Ed	FA1		OC	nf	Cremat. Neonat.
T258	Cond. occ.	CR	e	OC		
T259	Corp.	CST		OC		Jove
T260	Dp Dm	TI	e	OC		
T261	Dp.	RA	d	OC	nf	Fetal - neonat
T262		TA	e	OVAR		
T263	Dd Ed	MC		OVAR	f	
T264	Cap. Corp.	CST		OC		1 Adult
T265		RA	d	OVAR		
T266	Cap. Corp.	CST		OC	f	
T267		FA1		OVAR	f	
T268		TA	e	OVAR		Jove (infantil?)

T269	Corp.	CST		OC		
T270	Ep. Dd.	MC	e			
T271	M1	CR (MD)	e	CAHI		
T272	Cap. Corp.	CST		BOTA	f	1
T273	Cap. Corp.	CST		BOTA	f	1
T274	Cap. Corp.	CST		BOTA	f	1
T275	Cap. Corp.	CST		BOTA	f	2
T276	Cap. Corp.	CST		BOTA	f	2
T277	Cap. Corp.	CST		BOTA	f	2
T278	Cap. Corp.	CST		BOTA	f	3
T279	Cap. Corp.	CST		BOTA	nf	1
T280	Cap. Corp.	CST		BOTA	nf	2
T281	Cap. Corp.	CST		BOTA	nf	2
T282	Corp.	CST		BOTA		3 Talla enorme
T283	Corp.	CST		BOTA		3 Talla enorme
T284	Corp.	CST		BOTA		3 Cremat
T285	Corp.	CST		BOTA		3 Cremat
T286	Corp.	CST		BOTA		3 Cremat
T287	Corp.	CST		BOTA		3
T288	Corp.	CST		BOTA		3
T289	Corp.	CST		BOTA		3
T290	Corp.	CST		BOTA		3
T291	Corp.	CST		BOTA		3
T292	Corp.	CST		BOTA		3
T293	Corp.	CST		BOTA		3
T294	Corp.	CST		BOTA		3
T295	Corp.	CST		BOTA		3
T296	Corp.	CST		BOTA		3
T297	Corp.	CST		BOTA		3
T298	Corp.	CST		BOTA		3
T299	Corp.	CST		BOTA		3
T300	Corp.	CST		BOTA		3
T301	Corp.	CST		BOTA		3
T302	Corp.	CST		BOTA		3
T303	Corp.	CST		BOTA		3
T304	Corp.	CST		BOTA		3
T305	Corp.	CST		BOTA		3
T306	Corp.	CST		BOTA		3
T307	Corp.	CST		BOTA		3
T308	Corp.	CST		BOTA		3
T309	Corp.	CST		BOTA		3
T310	Corp.	CST		BOTA		3
T311	Corp.	CST		BOTA		3
T312	Corp.	CST		BOTA		3
T313	Corp.	CST		BOTA		3
T314	Corp.	CST		BOTA		3
T315	Corp.	CST		BOTA		3
T316	Corp.	CST		BOTA		3

T317	Corp.	CST	BOTA	3	
T318	Corp.	CST	BOTA	3	
T319	Corp.	CST	BOTA	3	
T320	Corp.	CST	BOTA	3	
T321	Corp.	CST	BOTA	2	Talla enorme
T322	Corp.	CST	BOTA	2	Talla enorme
T323	Corp.	CST	BOTA	2	Talla enorme
T324	Corp.	CST	BOTA	2	Talla gran
T325	Corp.	CST	BOTA	2	Talla gran
T326	Corp.	CST	BOTA	2	Talla gran
T327	Corp.	CST	BOTA	2	
T328	Corp.	CST	BOTA	2	
T329	Corp.	CST	BOTA	2	
T330	Corp.	CST	BOTA	2	
T331	Corp.	CST	BOTA	2	
T332	Corp.	CST	BOTA	2	
T333	Corp.	CST	BOTA	2	
T334	Corp.	CST	BOTA	2	
T335	Corp.	CST	BOTA	2	
T336	Corp.	CST	BOTA	2	
T337	Corp.	CST	BOTA	2	
T338	Corp.	CST	BOTA	2	
T339	Corp.	CST	BOTA	2	
T340	Corp.	CST	BOTA	2	
T341	Corp.	CST	BOTA	2	
T342	Corp.	CST	BOTA	2	
T343	Corp.	CST	BOTA	2	
T344	Corp.	CST	BOTA	2	
T345	Corp.	CST	BOTA	2	
T346	Corp.	CST	BOTA	2	
T347	Corp.	CST	BOTA	1	Talla enorme
T348	Corp.	CST	BOTA	1	Talla gran
T349	Corp.	CST	BOTA	1	Cremat
T350	Corp.	CST	BOTA	1	
T351	Corp.	CST	BOTA	1	
T352	Corp.	CST	BOTA	1	
T353	Corp.	CST	BOTA	1	
T354	Corp.	CST	BOTA	1	
T355	Corp.	CST	BOTA	1	
T356	Cap.	CST	BOTA	f	
T357	Cap.	CST	BOTA	f	
T358	Cap.	CST	BOTA	f	
T359	Cap.	CST	BOTA	f	
T360	Cap.	CST	BOTA	f	
T361	Cap.	CST	BOTA	nf	
T362	Dm Ed	HU	d	BOTA	pf aDNA
T363	Dd Ed	HU	d	BOTA	pf aDNA
T364	Ep Ed	HU	d	BOTA	f aDNA

T365	Ep Dp						RA	d	BOTA	f							aDNA	
T366	Ep Dp						RA	d	BOTA	f							aDNA	
T367	Ep Dp						RA	d	BOTA	f							aDNA	
T368	Ep Dp						RA	d	BOTA	f							aDNA	
T369	Ep Dd						MC	d	BOTA	f							aDNA	
T370	Dm Ed						TI	d	BOTA	f							aDNA	
T371	Dm Ed						MT	d	BOTA	f							aDNA	
T372	Ed						TI	d	BOTA	f							aDNA	
T373	FOPND							23		MGND								
T374	FOPND							32		MMND								
T375	FOND							1		MPND								
T376	DOLND							16		MGND								
T377	DOLND							14		MMND								
T378	Frag. ND Cremats (ja comptats amb la idnetificació)								8									

## Tell Halula – Sus

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM127	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB			FOC R	-	MX	E	S	N	IR		
HGM173	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	F		FA2	-	-	-	S	S	LONG - OB	1	
HGM247	-	-	4C	F1	-	4	MPPNB			FOC R	-	MX (M2)	E	S	N	IR		
HGM179	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	-		PEL	A	-	E	S	N	LON - TRS	1	
HGM281	HL 00	-	4D	A6	-	8	MPPNB			PEL	A IS		E	S	S	IR	1	
HGM544	VI	-	-	-	1370					PEL	A IS		D	S	N	OB		
HGM078	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB	- S		FD	C	MD	D	S	N	A		
HGM096	-	-	4B	B1b	49	?	MPPNB			FD	C	MD	D	S	S	OB A	1	
HGM123	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB			FD	C	MX	D					
HGM124	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB			FD	C	MX	D					
HGM125	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB			FD	C	MX	E					
HGM126	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB			FD	C	MX	E					
HGM238	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB		S	FD	C	MD	D	S	N	A		
HGM279	HL 00	-	4D	A6	-	8	MPPNB			FD	C	MD	D	S	N	A		
HGM289	HL 00	-	4D	H2	-	8	MPPNB			FD	C	MD	D	S	N	A	2	
HGM413	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	C	MD	D	S	S	A P		
HGM535	VI	-	-	-	1333					FD	C	MX	E					
HGM538	IV	-	-	-	87					FD	C	MD	D					
HGM542	VI	-	-	-	11					FD	C	MX	D					
HGM141	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	F		FE	CA	-	E	S	S	OB		
HGM153	HL 93	-	4B	D3a	-	7	MPPNB	ND		E	CO		E	S	S	IR	1	
HGM204	-	-	4C	C10e	-	5	MPPNB	ND		E	CO		E	S	N	IR	1	
HGM205	-	-	4C	C10e	-	5	MPPNB	NF		E	CO		E	S	N	IR	1	
HGM206	-	-	4C	C10e	-	5	MPPNB	ND		E	CO		E	S	N	IR	1	
HGM352	HL 03	S4	4J	A29	-	14	M L PPNB	NF		E	CO		D	S	S	IR	1	
HGM139	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	NF		FOC R	COC	-	E	S	N	IR		
HGM186	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	-	-	FOC R	COC	-	D	S	S	IR	1	

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERIÓD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM103	HL 93	-	4B	C1f	-	8	MPPNB	ND		E	CO-COR-ES		E	S	S	TRS	1	
HGM280	HL 00	-	4D	A6	-	8	MPPNB			MD	CON	MD	E	S	N	IR	1	
HGM348	HL 03	-	4J	A29	-	14	M L PPNB			MD	CON		D	S	N	IR		
HGM474	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	NF		MD	CON	MD	E					
HGM107	HL 93	-	4B	C2b	-	7				MD	COR	MD	D	S	N	IR		
HGM142	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		MD	COR		D	S	N	IR		
HGM170	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB		-	MD	COR	MD	E					
HGM172	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB			MD	COR	-	-					
HGM180	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB			MD	COR	MD	-	S	S	IR	1	
HGM182	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB			MD	COR	MD	-	S	S	IR	1	
HGM208	-	-	4C	C11e	-	5	MPPNB			MD	COR	MD	E	S	N	IR	1	
HGM224	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			MD	COR	MD	E	S	N	IR		
HGM284	HL 07	-	4D	A9e	-	8	MPPNB		-	MD	COR	MD	D	S	N	IR		
HGM298	HL 00	S4	4G	A2	-	14/16	LPPNB			MD	COR	MD	E	S	N	IR		
HGM342	HL 03	S4	4I	B3/2	-	10	MPPNB			MD	COR	MD	D	S	N	IR		
HGM354	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB			MD	COR	MD	E	S		IR		
HGM367	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB			MD	COR	MD	E	S	N	IR	1	
HGM471	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF			MD	COR	MD	ND					
HGM556	II	-	-	-	-	642			-	MD	COR	MD	E	S	S	IR		
HGM449	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB			MD	COR - M		D	S	S	IR		
HGM470	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF			MD	COR (DP4)	MD	E	S	N	IR		
HGM134	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		T	CUB	-	D	S	S	PER P	1	
HGM371	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB			T	CUB		D	S	N	PER	1	
HGM452	HL 02	-	4J	A5	-	14	M L PPNB			T	CUB		D	N				
HGM548	IV	-	-	-	-	479				FA2	D		S	N	IR	1	I	
HGM334	HL 03	S4	4H	A33	-	?	?		F	FD	D4	MD	E	S	N	A		
HGM140	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		HU	Dd	-	D	S	S	IR - P		
HGM484	HL 93	S7	D	A4e	-	26	PREHAL AF			FE	Dd		D	S	S	IR LON	1	S
HGM485	HL 93	S7	D	A4e	-	26	PREHAL AF			FE	Dd		D	S	S	IR LON	1	S
HGM220	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			MD	DIA	MD	E					
HGM460	-	S1	A'B'	Aba	-	?	?			FOC R	DIA	MX	D	S	N	IR		
HGM554	II	-	-	-	-	631				FOC R	DIA	MX	ND	S	N	IR		
HGM177	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB			MD	DIA - I	-	E	S	N	IR	1	
HGM481	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	ND		RA	Dp		E	S	S	LON OB	4	S
HGM115	-	-	4B	D12a	-	5	MPPNB		-	FD	DP2	MX	E	S	N	A		
HGM057	-	-	2D	E24	-	13-15	LPPNB		-	FOC R	DP3	MX	E	S	N	IR		
HGM114	-	-	4B	D12a	-	5	MPPNB		-	FD	DP3	MX	D	S	N	A PER		
HGM167	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB		-	FD	DP3	MX	E					
HGM196	HL 94	-	4C	C10e	-	5	MPPNB		-	FOC R	DP3	MX	E	S	N	IR		
HGM234	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			FD	DP3	MD	D	S	N	A		
HGM278	HL 00	-	4D	A6	-	8	MPPNB			FD	DP3	MX	D	S	S	A		
HGM016	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF		E	FD	DP4	MD	D	S	S	PER A	1	
HGM056	HL 93	-	2D	E24	-	13-15	LPPNB		F	FD	DP4	MX	E	S	N	A		
HGM067	-	-	2D	E65	-	13-15	LPPNB		F	FD	DP4	MD	D	S	N	A PER	1	
HGM073	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB		F	FD	DP4	MD	ND	S	N	PER A		



ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM097	-	-	4B	B1b	-	?	MPPNB			FD	DP4	MX	D	S	N	A		
HGM112	-	-	4B	D12a	-	5	MPPNB		H	FD	DP4	MX	D	S	N	A		
HGM195	HL 94	-	4C	C10e	-	5	MPPNB		E	FD	DP4	MX	E	S	S	A PER	2	C
HGM216	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB		E	FD	DP4	MD	D	S	N	A		
HGM299	HL 00	S4	4G	A2	-	14/16	LPPNB		E	MD	DP4	MD	E	S	S	A PER	2	C
HGM304	HL 00	S4	4G	A2	-	14/16	LPPNB		E	FD	DP4	MX	E	S	S	A		
HGM321	HL 03	-	4H	A25	-	12	M L PPNB		J	FD	DP4	MX	D	S	N	A		
HGM433	HL 03	S4	4J	A43	-	13	M L PPNB		F	FD	DP4	MD	D	S	N	A PER		
HGM487	HL 93	S7	D	A7b(B)	-	27	PREHAL AF			FOC R	DP4	MX	E	S	S	PER	3	C
HGM558	II	-	-	-	-				F	FD	DP4	MD	E	S	S	A PER	1	
HGM043	HL 92	-	2A-2D	E2	33	13-15	LPPNB	NF		MC II	Ed		E	N			1	
HGM044	-	-	2B	B5b	4	13-15	LPPNB			TI	Ed		D	N	N		1	
HGM045	-	-	2B	B6a	19	13-15	LPPNB			FA2	Ed			S	N	IR	1	
HGM369	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	F		HU	Ed		D	S	S	IR	1	
HGM372	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB			MC V	Ed		-	N				
HGM373	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	pF		TI	Ed		D	S	S	LON	1	
HGM375	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	NF		TI	Ed		D	N		-	1	
HGM379	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	NF		RA	Ed		E					
HGM391	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		MC	Ed		E	N				
HGM393	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		MC III	Ed		D	N				
HGM395	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		MC IV	Ed		E	S	N	IR		
HGM397	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		MC III	Ed		E	N				
HGM552	VI	-	-	-	199			NF		RA	Ed			N			1	
HGM118	HL 94	-	4B	D17a	-	4	MPPNB	F		HU	EMd		D	S	S	OB	2	S
HGM181	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	NF		FE	EMd	-	D	S	S	OB	1	
HGM340	HL 03	-	4I	B2	-	10	MPPNB	F		HU	EMd	-	D					
HGM459	-	S1	A'B'	A6a	-	?	?	F		TI	EMd		E	S	N	IR	1	
HGM475	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	F		RA	EMd		D	S	N	OB		
HGM477	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	F		TI	EMd		D	S	S	OB		
HGM029	HL 92	-	1B	A3e	-	33-34	prehalaf			FA1	EMDd			S	N	IR		
HGM036	-	S1	1B	F2	-	19	LPPNB			MC III	EMDd		E	S	N	IR	1	
HGM333	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB	F		HU	EMDd		D	S	S	IR	1	
HGM376	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	pF		TI	EMDd		E	S	S	LON OB	5	
HGM386	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	F		MC II	EMDd		D	S	N	OB		
HGM387	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	F		MC II	EMDd		E	S	N	IR		
HGM431	HL 03	S4	4J	A42	-	13	M L PPNB	F		HU	EMDd		D	S	S	OB	1	
HGM456	-	S1	A'B'	A6a	-	?	?	F		MP	EMDd		-	S	N	LON	1	
HGM457	-	S1	A'B'	A6a	-	?	?	pF		MC V	EMDd		D	S	N	IR	1	
HGM483	HL 93	S7	D	A4e	-	26	PREHAL AF		TALLA PETITA	HU	EMDd		D	S	N	LON OB	1	
HGM551	VI	-	-	-	1222			F		HU	EMDd	-	E	S	N	OB	1	
HGM400	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		FA1	EMDd Dp			N				
HGM402	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		FA1	EMDd Dp			N				
HGM406	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	F		FA1	EMDd Dp			S	S	OB	1	
HGM039	HL 92	-	2A-2D	E2	3	13-15	LPPNB			MC III	EMDp		D	S	N	IR	1	
HGM040	HL 92	-	2A-2D	E2	15	13-15	LPPNB			MC III	EMDp		E	S	N	OB	1	

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM046	HL 97	S2	2B	D6a	-	?	LPPNB			MT III	EMDp		D	S	S	OB	1	
HGM100	HL 92	-	4B	C1c	26	8	MPPNB			FA1	EMDp			S	S	IR LON	1	
HGM116	-	-	4B	D12a	-	5	MPPNB			RA	EMDp	-	E	S	N	OB	1	
HGM152	HL 93	-	4B	D3a	-	7	MPPNB	ND		UL	EMDp		D	S	S	OB	1	
HGM174	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB		8,74	MT II	EMDp	-	E	S	N	OB	1	
HGM178	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB			MT III	EMDp	-	E	S	S	LON	1	
HGM192	-	-	4C	B2a	12	7	MPPNB			MT III	EMDp		E	S	N	IR	1	
HGM353	HL 03	-	4J	A37	-	14	M L PPNB		25,47	MC III	EMDp		D	S	N	OB	1	
HGM385	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	ND		MT IV	EMDp		D	S	N	OB		
HGM388	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	ND		MC IV	EMDp		E	S	N	OB		
HGM392	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	ND		MC IV	EMDp		D	S	N	LON		
HGM429	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	F		FA1	EMDp			S	N	IR		
HGM430	HL 03	S4	4J	A42	-	13	M L PPNB	F		FA1	EMDp			S	N	OB	1	
HGM467	HL 93	S7	B	A7b	-	27	PREHAL AF	F		FA1	EMDp			S	N	LON	1	
HGM479	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	ND		UL	EMDp		E	S	S	OB		
HGM480	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	ND		MT III	EMDp		D	S	N	OB		
HGM534	II	-	-	-	217					UL	EMDp		E					
HGM547	IV	-	-	-	73			mF		FA1	EMDp			S	S	IR	2	
HGM564	IV	-	-	-	1178					MT II	EMDp		D	S	N	OB IR	1	
HGM566	VI	-	-	-	856					MC V	EMDp		D	S	N	IR	1	
HGM390	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	ND		MT III	EMDp Dd		D	S	S	OB		
HGM396	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		MC IV	EMDp DMd		E	S	N	OB		
HGM398	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		MC III	EMDp DMd		E	N				
HGM549	IV	-	-	-	467					FA2	EMDpE MDd			S	N	IR	1	I
HGM389	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		MT IV	EMDp MDd		E	S	S	IR		
HGM458	-	S1	A'B'	A6a	-	?	?	F		FA2	EMDp MDd			S	N	IR	1	
HGM136	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	F		FI	EMp	-	D	S	S	OB		
HGM137	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	F		TI	EMp	-	D	S	S	OB		
HGM380	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	F		RA	EMp		D					
HGM381	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	F		RA	EMp		E					
HGM384	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	F		FA1	EMp			S	S	OB		
HGM565	IV	-	-	-	65					MT III	EMp		D	S	N	IR	1	
HGM035	-	S1	1B	D7	-	33	PREHAL AF	NF		FA1	Ep			N	-	-	1	
HGM399	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		FA1	Ep			N				
HGM401	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		FA1	Ep			N				
HGM405	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	F		FA1	Ep			S	S	OB LON	1	
HGM550	IV	-	-	-	485					FA2	Ep			S	N	IR	1	I
HGM570	HL 94	-	4C	C10e	-	5	MPPNB			FAN D	Ep			S	N	IR	1	
HGM175	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB			FA2	EPP	-	-	S	S	IR	1	
HGM048	-	-	2D	A10c	-	13-15	LPPNB			FD	I1	MX	D	S	N	A		
HGM069	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	I1	MX	D	S	N	OB A		
HGM071	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	I1	MX	E	S	N	A		
HGM079	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	I1	MD	E	S	N	A		
HGM080	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	I1	MD	D	S	N	A		
HGM081	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	I1	MD	ND	S	N	A		

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM083	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	I1	MX	E S N			A		
HGM084	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	I1	MX	D S N			A		
HGM087	-	-	3D	A6	-	?	?			FD	I1	MD	E S S		IR A	2	S	
HGM094	HL 93	-	4B	A13	-	?	MPPNB		-	FD	I1	MX	E S N			A		
HGM099	-	-	4B	C1a	7	?	MPPNB			FD	I1	MX	E S S		A LON	1		
HGM102	-	-	4B	C1c	24	8	MPPNB			FD	I1	MD	D S N			A		
HGM119	HL 94	-	4B	D17a	-	4	MPPNB			FD	I1	MX	E S S		OB A	2	C	
HGM212	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			FD	I1	MD	E S S			A	1	
HGM217	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB		-	FD	I1	MD	E S N			A		
HGM251	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FD	I1	MD	E S S			A	5	S
HGM253	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FD	I1	MD	D S S			A	1	S
HGM286	HL 00	-	4D	E183	-	8	MPPNB		-	FD	I1	MX	E S S			A		
HGM412	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	I1	MX	D S N			A		
HGM444	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB			FD	I1	MD	E S N			A	1	
HGM446	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB			FD	I1	MD	D S N			A	1	
HGM536	VI	-	-	-	1306					FD	I1	MX	D					
HGM085	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	I2	MX	ND S N			A		
HGM226	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			FD	I2	MD	E S N			A		
HGM228	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			FD	I2	MD	D S N			A		
HGM252	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FD	I2	MD	E S S			A	6	S
HGM254	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FD	I2	MD	D S S			A	5	S
HGM257	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb		A - S	FD	I2	MX	E S N			A	1	
HGM364	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB		-	FD	I2	MD	E S S		OB A	1	I	
HGM416	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	I2	MD	D S N		A LON			
HGM445	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB			FD	I2	MD	E S N			A	1	
HGM414	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	I3	MX	D S N			A		
HGM415	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	I3	MX	D S N			A		
HGM418	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	I3	MX	E S N			A		
HGM218	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB		-	FD	ID	MD	ND S N		A LON			
HGM225	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			FD	ID	MD	ND S S		OB	2	I	
HGM227	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			FD	ID	MD	ND S N		A LON			
HGM229	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			FD	ID	MD	E S N			A		
HGM472	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF			FD	ID	MD	E N					
HGM082	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	ID2	MD	D S N			A		
HGM261	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FD	IND		E S S		OB D			
HGM185	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB		-	PEL	IS	-	E S S		IR	1		
HGM236	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	14-21	C	FD	M1	MD	D S S		A PER	2	I	
HGM194	HL 94	-	4C	C10e	-	5	MPPNB	14-21	C	FD	M1	MX	E S N			A		
HGM109	-	-	4B	D12a	-	5	MPPNB	14-21	C	FD	M1	MX		S N		A IR		
HGM052	HL 93	-	2D	A9b	-	13-15	LPPNB	21-27	D	FD	M1	MD	D S S			A		
HGM283	HL 07	-	4D	A9e	-	8	MPPNB	21-27	D	FD	M1	MD	D S S			A	4	C
HGM292	HL 96	-	4F	A3a	-	14	M L PPNB	21-27	D	FD	M1	MX	D S S			A	3	C
HGM383	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	21-27	D	FD	M1	MD	D S S			A		
HGM427	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	21-27	D	FD	M1	MD	D S N		A PER			
HGM555	II	-	-	-	621			21-27	D	FD	M1	MD	D S S		A PER	2	I	

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM019	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	21-27	E	FD	M1	MD	D	S	S	A		
HGM027	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	21-27	E	FOC R	M1	MX	D	S	S	IR PER	3	I
HGM359	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	21-27	E	FD	M1	MD	D	S	N	A	1	
HGM113	-	-	4B	D12a	-	5	MPPNB	21-27	F	FD	M1	MX	D	S	N	A PER	1	
HGM296	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	LPPNB	21-27	F	FD	M1	MD	D	S	N	A		
HGM072	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB	21-27	D	FD	M1	MD	E	S	N	A		
HGM091	HL 03	S1	47/1	B5e (E60)	-	35	PROTO HALAF	21-27	D	FD	M1	MD	E	S	S	A PER	2	
HGM488	HL 93	S7	D	A7b(B)	-	27	PREHAL AF	21-27	D	FOC R	M1	MX	E	N				
HGM024	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	21-27	E	FD	M1	MD	E	S	S	A		
HGM061	-	-	2D	E24	-	13-15	LPPNB	21-27	E	FD	M1	MX	E	S	S	A PER		
HGM089	HL 03	-	44/3	A101	-	?	?	21-27	E	FOC R	M1	MX	E	S	N	IR	1	
HGM131	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	21-27	E	FD	M1	MX	E	S	N	A		
HGM314	HL 03	S4	4H	A24	-	12	M L PPNB	21-27	E	FD	M1	MX	E	S	S	PER A		
HGM323	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB	21-27	E	FOC R	M1	MX	E					
HGM362	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	21-27	E	FD	M1	MD	E	S	N	A	1	
HGM256	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb	21-27	F	FD	M1	MX	E	S	S	A	1	
HGM319	HL 03	-	4H	A25	-	12	M L PPNB	21-27	F	FD	M1	MX	E	S	N	A		
HGM361	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	21-27	F	FD	M1	MD	E	S	N	A	1	
HGM465	HL 97	S30	AE	A2a	-	23-27	PREHAL AF	21-27	E	MD	M1	MD		S		IR		
HGM308	HL 03	S4	4H	A24	-	12	M L PPNB	27-36	G	FD	M1	MX	D	S	S	A	4	I
HGM320	HL 03	-	4H	A25	-	12	M L PPNB	27-36	G	FD	M1	MX	D	S	N	A		
HGM428	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	27-36	G	FD	M1	MX	D	S	S	A PER	2	C
HGM213	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	7-14	B	FD	M1	MD	D	S	S	A PER	1	
HGM432	HL 03	S4	4J	A43	-	13	M L PPNB	7-14	B	FD	M1	MD	D	S	N	A		
HGM473	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	7-14	B	FD	M1	MD	D	S	S	A PER	3	I
HGM005	HL 02	S1	45	A5	-	37	MHALAF	7-14	B	FD	M1	MX	E	S	N	A	1	
HGM149	HL 93	-	4B	D3a	-	7	MPPNB	7-14	B	FD	M1	MX	E	S	S	A	1	
HGM214	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	7-14	B	FD	M1	MD	E	S	N	A		
HGM248	-	-	4C	F1	-	4	MPPNB	7-14	B	FD	M1	MX	E	S	S	PER A		
HGM300	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	LPPNB	7-14	B	FD	M1	MD	E	S	S	A	1	
HGM490	HL 93	S7	D	A8b(B)	-	27	PREHAL AF	7-14	B	FD	M1	MD	E	S	N	A		
HGM237	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	Old adult	K	FD	M1	MD	E	S	S	A PER	3	I
HGM171	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB		-	FD	M1	MX	D	S	S	IR	1	
HGM188	HL 97	-	4B	F8b	-	1	MPPNB		-	MD	M1	MX	D	N	N		1	N
HGM448	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB		-	FD	M1	MD	D	S	S	TRAN S		
HGM242	HL 97	-	4C	D15a	-	?	MPPNB			FD	M1	MX	D	S	S	IR PER A	5	I
HGM269	HL 96	-	4D	A2k	-	2	MPPNB			FD	M1	MX	D	S	N	A		
HGM274	HL 00	-	4D	A6	-	8	MPPNB			FD	M1	MX	D	S	S	A PER	2	C
HGM339	HL 03	S4	4I	A29	-	13	M L PPNB		ND	FD	M1	MX	E	S	N	A PER	1	
HGM086	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FD	M1	MD	E	S	S	PER A		
HGM012	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	14-21	B	FD	M2	MX	D	S	N	PER	1	
HGM282	HL 07	-	4D	A9e	-	8	MPPNB	14-21	B	FD	M2	MD	D	S	N	A		
HGM341	HL 03	S4	4I	B3/2	-	10	MPPNB	14-21	B	FD	M2	MD	D					
HGM382	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	14-21	B	FD	M2	MD	D	S	S	A	1	
HGM486	HL 00	S4	D	A7	-	?	?	14-21	B	FD	M2	MD	D	S	S	A PER	2	C

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERIODE	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F R	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM098	-	-	4B	B2b	73	?	MPPNB	14-21	B	FD	M1/2	MX	-	S S	PER A	3	I	
HGM058	-	-	2D	E24	-	13-15	LPPNB	14-21	B	FD	M2	MX	E	S S	A PER	2	C	
HGM093	HL 93	-	4B	A1	-	?	MPPNB	14-21	B	FD	M2	MX	E	S N	A PER			
HGM020	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	21-27	C	FD	M2	MD	D	S S	PER A	2	I	
HGM095	-	-	4B	B1b	82	?	MPPNB	21-27	C	FD	M2	MX	D	S S	PER A			
HGM317	HL 03	-	4H	A25	-	12	M L PPNB	21-27	C	FOC R	M2	MX	D	S N	A IR			
HGM322	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB	21-27	C	FD	M2	MX	D	S S	A PER	3	C	
HGM408	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	21-27	C	FD	M2	MD	D	S N	A			
HGM017	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	21-27	D	FD	M2	MX	D	S S	A			
HGM032	HL 94	S1	1B	C3	-	37	HALAF	21-27	D	FD	M2	MX	D	S N	A PER	2	I	
HGM294	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	LPPNB	21-27	D	FD	M2	MD	D	S N	A			
HGM425	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	21-27	D	FD	M2	MD	D	S N	A PER			
HGM426	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	21-27	D	FD	M2	MX	D	S N	A PER			
HGM438	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB	21-27	D	FOC R	M2	MX	D	S S	IR			
HGM164	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	21-27	E	FD	M2	MX	D	S S	IR	4	C	
HGM232	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	21-27	E	FD	M2	MX	D	S N	A PER			
HGM307	HL 03	S4	4H	A24	-	12	M L PPNB	21-27	E	FD	M2	MX	D	S N	PER	1		
HGM018	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	21-27	C	FD	M2	MD	E	S S	A	2	C	
HGM313	HL 03	S4	4H	A24	-	12	M L PPNB	21-27	C	FD	M2	MX	E	S N	A			
HGM318	HL 03	-	4H	A25	-	12	M L PPNB	21-27	C	FD	M2	MX	E	S N	A	1		
HGM324	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB	21-27	C	FD	M2	MX	E	S S	A	1		
HGM567	HL 03	-	44/3	A101	-	?	?	21-27	C	FD	M2	MX	E	S S	PER A	1		
HGM569	HL 02	-	4J	A1	-			21-27	C	FD	M2	MD	E	S N	A PER			
HGM363	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	21-27	D	FD	M2	MD	E	S S	PER A	1	I	
HGM006	HL 02	S1	45	A5	-	37	MHALAF	21-27	E	FD	M2	MD	E	S S	A PER	1		
HGM034	HL 94	S1	1B	D7	-	33	PREHAL AF	21-27	E	FD	M2	MX	E	S S	IR A	10	C	
HGM163	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	21-27	E	FD	M2	MD	E					
HGM295	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	LPPNB	21-27	E	FD	M2	MX	E	S N	A			
HGM332	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB	21-27	E	FD	M2	MD	E	S S	A PER	3	I	
HGM338	HL 03	S4	4I	A29	-	13	M L PPNB	21-27	E	FD	M2	MD	E	S N	A PER	1		
HGM154	HL 93	S4	4B	D4c	-	6	MPPNB	21-27	E	FD	M2	MX	ND	S N	A PER			
HGM464	HL 97	S30	AE	A2a	-	23-27	PREHAL AF	21-27	C	MD	M2	MD		S	IR			
HGM288	HL 00	-	4D	H2	-	8	MPPNB	21-27	D	MD	M2	MD		S N	IR			
HGM008	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	27-36	F	FD	M2	MX	D	S S	A	1		
HGM132	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	27-36	G	FD	M2	MX	ND	S N	A PER			
HGM187	HL 97	-	4B	F8b	-	1	MPPNB	7-14	A	MD	M2	MX	D	N N		1	N	
HGM360	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	7-14	A	FD	M2	MD	D	S N	A	1		
HGM493	HL 91	CA1	-	A7	-			7-14	A	FD	M2	MD	D	S S	A	1		
HGM002	HL 02	S1	45	A5	-	37	MHALAF	7-14	A-S	FD	M2	MD	D	S S	A			
HGM063	-	-	2D	E49	-	13-15	LPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MX	D	N				
HGM075	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MD	D	S N	A			
HGM198	HL 94	-	4C	C10e	-	5	MPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MD	D	S N	A			
HGM266	HL 96	-	4D	A2k	-	2	MPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MX	D	S N	PER			
HGM346	HL 02	-	4J	A1	-	14	M L PPNB	7-14	A-S	FD	M2	MX	D	N				
HGM365	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	7-14	A-S	FD	M2	MX	D	S S	PER A	1	I	

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM434	HL 03	S4	4J	A43	-	13	M L PPNB	7-14	A-S	FD	M2	MD	D	S	S	A PER		
HGM148	HL 93	-	4B	D3a	-	7	MPPNB	7-14	A	FOC R	M2	MX	E	S	S	A IR		
HGM193	HL 94	-	4C	C10e	-	5	MPPNB	7-14	A	FD	M2	MX	E	S	S	A		
HGM303	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	LPPNB	7-14	A	FD	M2	MX	E	S	N	A		
HGM489	HL 93	S7	D	A7b(B)	-	27	PREHAL AF	7-14	A	FD	M2	MX	E	S	S	A	1	
HGM059	-	-	2D	E24	-	13-15	LPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MX	E	S	N	A		
HGM074	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MD	E	S	N	A		
HGM156	HL 93	-	4B	D6e	-	6	MPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MD	E	S	S	PER	6	C
HGM199	HL 94	-	4C	C10e	-	5	MPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MX	E	S	S	A PER	2	
HGM215	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MD	E	S	N	A	1	
HGM301	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	LPPNB	7-14	A-S	FD	M2	MD	E	S	S	A	1	
HGM265	HL 96	-	4D	A2k	-	2	MPPNB	7-14	A	FD	M2	MX		S	N	A		
HGM540	IV	-	-	-	49			Adult	G-H	FD	M2	-	-	S	S		1	
HGM243	HL 97	-	4C	D15a	-	?	MPPNB			FD	M2	MX	D	S	S	A PER	4	I
HGM001	HL 00	S1	39	A8	-			14-21	A-S	FD	M3	MD	E	S	N	PER	2	I
HGM003	HL 02	S1	45	A5	-	37	MHALAF	14-21	A-S	FD	M3	MD	D	S	N	A PER	1	
HGM009	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	21-27	B-S	FD	M3	MX	D	S	S	A	1	
HGM010	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	14-21	A-S	FD	M3	MX	D	S	S	A	1	
HGM011	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	14-21	A	FD	M3	MX	D	S	S	PER A	3	I
HGM025	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	14-21	A-S	FD	M3	MD	E	S	N	PER	1	
HGM033	HL 94	S1	1B	C3	-	37	HALAF			FD	M3	MX	D	S	S	A PER	2	
HGM047	-	-	2C	A3c	63	13-15	LPPNB	14-21	A	FD	M3	MX	E	S	N		1	
HGM049	-	-	2D	A10c	-	13-15	LPPNB	14-21	A-S	FD	M3	MD	D	S	N	PER	1	
HGM053	HL 93	-	2D	A9b	-	13-15	LPPNB	14-21	A-S	FD	M3	MD	E	S	S	A		
HGM066	-	-	2D	E65	-	13-15	LPPNB	21-27	C	FD	M3	MD	D	S	N	A PER	2	C
HGM088	HL 02	S1	44/1	A25 (E32)	-	36	EHALAF	21-27	C	FD	M3	MX	D	S	N	A PER IR	7	I
HGM128	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	21-27	D	FD	M3	MX	D	S	S	A PER	4	I
HGM151	HL 93	-	4B	D3a	-	7	MPPNB			FD	M3	MX	E	S	S	PER A	1	
HGM155	-	-	4B	D5a	-	6	MPPNB	14-21	A-S	FD	M3	MD	E	S	S	A PER	2	I
HGM157	HL 93	-	4B	D6e	-	6	MPPNB	14-21	A-S	FD	M3	MX	D	S	S	A PER	2	I
HGM165	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	14-21	A	FD	M3	MD	E					
HGM191	HL 96	-	4C	B1h	-	8	MPPNB	21-27	C	FD	M3	MX	D	S	S	A PER	2	C
HGM207	-	-	4C	C11e	-	5	MPPNB	21-27	C	FD	M3	MX	E	S	S	PER	2	C
HGM250	HL 96	-	4D	A1	-	1	MPPNB	14-21	A-S	FD	M3	MX	D	S	N	PER	1	
HGM287	HL 00	-	4D	H2	-	8	MPPNB	21-27	C	MD	M3	MD		S	N	IR		
HGM290	HL 99	-	4F	A2b	-	14	M L PPNB	14-21	A-S	FD	M3	MD	D	S	S	PER	2	
HGM293	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	LPPNB	21-27	B	FD	M3	MD	D	S	N	A		
HGM302	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	LPPNB	14-21	A	FD	M3	MX	E	S	N	A PER		
HGM316	HL 03	-	4H	A25	-	12	M L PPNB	21-27	B	FD	M3	MX	D	S	N	A	1	
HGM343	HL 03	S4	4I	B3/2	-	10	MPPNB	14-21	A-S	FD	M3	MD	D	S	S	PER		
HGM358	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	14-21	A-S	FD	M3	MD	E	S	S	A	1	
HGM407	HL 03	S4	4J	A39b	-	13	M L PPNB	21-27	D	FD	M3	MX	E	S	S	PER A	1	
HGM409	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	14-21	A	FD	M3	MX	D	S	S	A		
HGM410	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	21-27	B	FD	M3	MD	E	S	S	PER A	6	C
HGM411	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	14-21	A-S	FD	M3	MD	E	S	S	PER A	1	

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERIÓD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM441	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB			FD	M3	MX	E S N	A PER		1		
HGM447	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB			FD	M3	MX	D S S	PER A				
HGM537	VI	-	-	-	-			21-27	C	FD	M3	MD	D S N	A PER		1		I
HGM568	VI	-	-	-	1315					FD	M3	MX	D S N	A				
HGM161	-	-	4B	F10	-	1	MPPNB	ND		HU	Md	-	D S N	IR OB		1		
HGM162	-	-	4B	F10	-	1	MPPNB	ND		HU	Md	-	E S N	IR OB		1		
HGM041	HL 92	-	2A-2D	E2	27	13-15	LPPNB	NF		MC II	MDd		E S N	OB		1		
HGM249	-	-	4C-4I	A2	24	10	MPPNB	NF		HU	MDd		E S S	LON				
HGM347	HL 03	-	4J	A20	-	14	M L PPNB			MT V	MDd		D S S	TRAN S		1		
HGM370	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	F		HU	MDd		D S S	IR		1		
HGM374	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	NF		TI	MDd		D S S	OB		1		
HGM377	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	ND		FE	MDd		D S N	LON OB				
HGM394	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	NF		MC III	MDd		D S N	OB				
HGM336	HL 02	S4	4H-4I	A6	-	?	?	NF		RA	MDp		E S N	OB		1		
HGM378	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	NF		FA1	MDp	-	- S N	IR		1		
HGM189	HL 92	-	4C	A6e	-	9	MPPNB	ND		CAL	MDpE MDd		D S N	OB		1		
HGM351	HL 03	S4	4J	A29	-	14	M L PPNB	NF		FA1	MDpE MDd		S N	OB		1		
HGM004	HL 02	S1	45	A5	-	37	MHALAF		A - S	FD	MND	ND	ND S N	A PER		1		
HGM090	HL 03	S1	47/1	B5e (E60)	-	35	PROTO HALAF		A - S	FD	MND	ND	ND S N	A				
HGM211	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB		A - S	FD	MND	MD	D S N	A PER		1		
HGM263	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FD	MND							
HGM435	HL 03	S4	4J	A43	-	13	M L PPNB		A - S	FD	MND	ND	ND S S	PER				
HGM439	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB		ND	FD	MND	MX	ND S N	A PER		1		
HGM478	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	ND		UL	Mp		D S S	OB				
HGM563	VI	-	-	-	1245					UL	Mp		D S S	OB LON		1		
HGM203	-	-	4C	C10e	-	5	MPPNB	ND		UL	MpD		E S S	IR OB		1		
HGM028	HL 92	-	1B	A3e	-	33-34	prehalaf			CR	MX	MX	D S N	IR				
HGM104	HL 93	-	4B	C1f	-	8	MPPNB			CR	MX	MX	E S S	IR				
HGM144	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		FOC R	MX	-	D S S	IR				
HGM311	HL 03	S4	4H	A24	-	12	M L PPNB			FOC R	MX		D S N	IR				
HGM312	HL 03	S4	4H	A24	-	12	M L PPNB			FOC R	MX		E S N	IR				
HGM105	HL 93	-	4B	C1f	-	8	MPPNB			FOC R	MX - PAL	MX	D S N	IR				
HGM133	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		FOC R	NA	-	D S N	IR				
HGM135	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		T	NAV	-	D S S	P		1		
HGM437	HL 03	-	4J	A43	-	13	M L PPNB			T	NAV	-	E S S	IR		1		
HGM202	HL 94	-	4C	C10e	-	5	MPPNB			T?	NAV?							
HGM230	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			FD	ND	ND	ND S N	A PER				
HGM231	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB			FD	ND	ND	ND S N	A PER				
HGM264	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FOP	ND	-	-					
HGM330	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB			FD	ND	ND	ND S N	IR				
HGM455	-	S1	A'B'	A6a	-	?	?			FOP	ND		ND					
HGM469	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF			COS ND	ND	-	ND					
HGM070	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB			FOC R	OI	MX	E S N	IR				
HGM117	-	-	4B	D12a	-	5	MPPNB			FOC R	OI	MX	D S N	IR		1		
HGM176	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB			FOC R	OI		- S S	IR		1		

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM533	II	-	-	-	220					FOC R	OI	MX	E					
HGM539	IV	-	-	-	58					FOC R	OI	MX	D					
HGM541	VI	-	-	-	1280					FOC R	OI	MX	D					
HGM143	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		FOC R	OR	-	D	S	N	IR		
HGM026	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	-		FD	P	MX	ND	S	N	A	PER	1
HGM022	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	-		FD	P1	MD	D	S	N	A		1
HGM120	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		FD	P1	MX	D					
HGM239	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	-		FD	P1	MD	ND	S	N	A		
HGM331	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB	-		FD	P1	MD	E	S	N	A		
HGM007	HL 02	S1	45	A5	-	37	MHALAF	A-S		FD	P2	MD	D	S	N	A		1
HGM013	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	-		FD	P2	MD	E	S	S	PER	A	2
HGM023	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	-		FD	P2	MX	D	S	N	TRAN S		1
HGM068	-	-	2D	E65	-	13-15	LPPNB	-		FD	P2	MD	D	S	N	A	PER	1
HGM077	-	-	2D	E66	-	13-15	LPPNB	-S		FD	P2	MD	E	S	N	A		
HGM111	-	-	4B	D12a	-	5	MPPNB	A-S		FD	P2	MX	D	S	S	PER		
HGM121	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		FD	P2	MX	D					
HGM159	HL 94	-	4B	F1	-	2	MPPNB	-		FD	P2	MX	E					
HGM166	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	-		FD	P2	MD	D					
HGM168	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	-		FD	P2	MD	D					
HGM221	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	-		FD	P2	MD	E	S	S	A		
HGM222	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	-		MD	P2	MD	D	S	N	IR		
HGM233	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	-		FD	P2	MX	E	N				
HGM258	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L pbnb	-		FD	P2	MD	E	S	S	A		1
HGM355	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	-		FD	P2	MD	E	S	N	A		1
HGM366	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB	-		FD	P2	MD	D	S	N	PER	A	1
HGM417	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB	-		FD	P2	MD	D	S	S	A		
HGM461	-	S1	A'B'	Aba	-	?	?	-		FD	P2	MX	D	S	N	A		
HGM462	-	S1	A'B'	Aba	-	?	?	-		FD	P2	MD	E	S	N	A	PER	1
HGM543	IV	-	-	-	69					FD	P2	MD	D	S	S			2
HGM557	II	-	-	-	640					FD	P2	MD	D	S	N	A		1
HGM245	-	-	4C	F1	-	4	MPPNB	S		FOC R	P2-P3	MX	E	S	S	IR		3
HGM014	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF	-		FD	P3	MD	E	S	S	PER		4
HGM122	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		FD	P3	MX	D					
HGM129	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	-		FD	P3	MX	ND	S	S	PER		2
HGM160	HL 94	-	4B	F1	-	2	MPPNB	-		FD	P3	MX	E					
HGM169	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	-		FD	P3	MD	D					
HGM210	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	-		FD	P3	MD	E	S	S	PER		2
HGM223	HL 94	-	4C	C9e	-	5	MPPNB	-		MD	P3	MD	D	S	N	IR		
HGM240	HL 97	-	4C	D15a	-	?	MPPNB	-		FOC R	P3	MX	D	N				1
HGM255	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L pbnb	-		FD	P3	MX	D	S	S	A		1
HGM268	HL 96	-	4D	A2k	-	2	MPPNB	-		FD	P3	MX	D	S	N	A	PER	
HGM271	HL 96	-	4D	A2m	-	2	MPPNB	-		FD	P3	MD	E	S	S	A		
HGM277	HL 00	-	4D	A6	-	8	MPPNB	-		FD	P3	MX	D	S	N	A	PER	1
HGM310	HL 03	S4	4H	A24	-	12	M L PPNB	-		FD	P3	MX	D	S	S	PER	A	2
HGM325	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB	-		FD	P3	MX	E	S	S	A		1



ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM328	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB		A - S	FD	P3	MX	E	N				
HGM329	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB		A - S	FD	P3	MX	D	N				
HGM344	HL 03	S4	4I	B3/2	-	10	M PPNB			FD	P3	MD	D	S	S	A		
HGM356	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB			FD	P3	MD	E	S	S	A	1	
HGM420	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	P3	MX	D	S	N	A		
HGM424	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	P3	MD	D	S	N	A		
HGM015	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF		-	FD	P4	MD	E	N	N			
HGM021	HL 03	S1	47	B5	-	35	PROTO HALAF		-	FD	P4	MX	D	S	S	PER A	1	I
HGM060	-	-	2D	E24	-	13-15	L PPNB		A - S	FD	P4	MX	E	S	N	A		
HGM064	-	-	2D	E49	-	13-15	L PPNB		A - S	FD	P4	MX	D	N				
HGM076	-	-	2D	E66	-	13-15	L PPNB		A - S	FD	P4	MD	E	S	N	A		
HGM092	HL 93	-	4B	A1	-	?	M PPNB		-	FD	P4	MX	E	S	N	A		
HGM110	-	-	4B	D12a	-	5	M PPNB		A - S	FD	P4	MX	D	N				
HGM130	HL 94	-	4B	D19a	-	3	M PPNB			FD	P4	MD	E	S	N	A		
HGM150	HL 93	-	4B	D3a	-	7	M PPNB			FD	P4	MX	E	S	S	PER A	2	C
HGM158	HL 93	-	4B	D6e	-	6	M PPNB		A - S	FD	P4	MD	E	S	S	PER	2	C
HGM197	HL 94	-	4C	C10e	-	5	M PPNB		A - S	FOC R	P4	MX	E	S	N	IR		
HGM200	HL 94	-	4C	C10e	-	5	M PPNB		A - S	FD	P4	MD	D	N				
HGM209	-	-	4C	C11e	-	5	M PPNB			FOC R	P4	MX	E	S	S	PER A	4	C
HGM219	HL 94	-	4C	C9e	-	5	M PPNB		-	FD	P4	MD	E	N				
HGM235	HL 94	-	4C	C9e	-	5	M PPNB			FD	P4	MD	D	N				
HGM241	HL 97	-	4C	D15a	-	?	M PPNB			FD	P4	MX	D	S	S	PER	2	C
HGM246	-	-	4C	F1	-	4	M PPNB		A - S	FD	P4	MX	E	S	N	A		
HGM267	HL 96	-	4D	A2k	-	2	M PPNB			FD	P4	MX	D	S	N	A		
HGM270	HL 96	-	4D	A2m	-	2	M PPNB		-	FD	P4	MD	E	S	S	A		
HGM273	HL 00	-	4D	A6	-	8	M PPNB			FD	P4	MX	D	S	S	A		
HGM285	HL 97	-	4D	D3a	-	10	M PPNB			FD	P4	MD		S	S	A PER	2	C
HGM297	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	L PPNB		-	FD	P4	MD	E	S	S	A	1	
HGM305	HL 00	S4	4G	A2	-	14-16	L PPNB		A - S	FD	P4	MD	E	N				
HGM309	HL 03	S4	4H	A24	-	12	M L PPNB		-	FD	P4	MX	D	S	N	A	1	
HGM315	HL 03	S4	4H	A24	-	12	M L PPNB		S	FD	P4	MX	E	N				
HGM326	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB		A - S	FD	P4	MX	E	N				
HGM327	HL 03	S4	4H	A25	-	12	M L PPNB		A - S	FD	P4	MX	D	N				
HGM335	HL 02	S4	4H-4I	A12	-	?	?		-	FD	P4	MD	D	S	S	A	1	
HGM345	HL 02	S4	4I	E20	-	10	M PPNB			FD	P4	MD	E	S	N	A		
HGM357	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB			FD	P4	MD	E	S	S	PER A	2	C
HGM419	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	P4	MX	D	S	N	A		
HGM421	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	P4	MD	D	N				
HGM422	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	P4	MD	D	S	N	A		
HGM423	HL 03	S4	4J	A40	-	13	M L PPNB			FD	P4	MD	D	S	N	A		
HGM440	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB		-	FD	P4	MX	D	S	N	A		
HGM442	HL 03	S4	4J	A44	-	13	M L PPNB		-	MD	P4	MD	E	S	S	A		
HGM466	HL 97	S30	AE	A2a	-	23-27	PREHAL AF			MD	P4	MD		S		IR		
HGM553	II	-	-	-	-	646			A - S	FD	P4	MD	D	N				
HGM138	HL 94	-	4B	D19a	-	3	M PPNB	NF		FOC R	PAR	-	E	S	S	IR		

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM183	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	-		FOC R	PAR	-	-	S	S	IR	1	
HGM259	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FD	PND			S	S	IR A		
HGM260	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FD	PND			S	S	IR A		
HGM262	HL 96	S4	4D	A2a	-	12	M/L ppnb			FD	PND							
HGM436	HL 03	S4	4J	A43	-	13	M L PPNB		-	FD	PND	ND	ND	S	N	A PER		
HGM108	HL 94	-	4B	D12a	-	5	MPPNB			TA	PROXI MAL		E	S	N	TRS	1	
HGM184	-	-	4B	F8'	-	1	MPPNB	NF		FOC R	TEMP	-	-	S	S	IR	1	
HGM030	HL 92	-	1B	A3e	-	33-34	prehalaf			FA2				S	N	IR		
HGM031	HL 92	-	1B	A3e	-	33-34	prehalaf			FOC R				S	N	IR		
HGM037	-	-	1C	A1b	17	?	?			ND								
HGM038	-	-	2A	A1a	-	14	LPPNB	F		FA1					N			
HGM042	HL 92	-	2A-2D	E2	29	13-15	LPPNB			ND								
HGM054	-	-	2D	B3b	-	13-15	LPPNB		F	FA2								
HGM055	HL 94	-	2D	B3c	-	13-15	LPPNB		F	FA2								
HGM062	-	-	2D	E24	-	13-15	LPPNB		F	FA2				S	N	IR		
HGM101	-	-	4B	C1c	45	8	MPPNB	F		FA1				S	N	IR	1	
HGM106	HL 93	-	4B	C1f	-	8	MPPNB	NF		FA1				S	S	LON	2	I
HGM145	HL 94	-	4B	D19a	-	3	MPPNB	F		FA2					N			
HGM146	HL 93	-	4B	D1c	-	7	MPPNB	F		RA			D					
HGM147	HL 93	-	4B	D2c	-	7	MPPNB	F		FA1					N			
HGM190	HL 92	-	4C	A6e	-	9	MPPNB			TA			D	S	N	OB	1	
HGM201	HL 94	-	4C	C10e	-	5	MPPNB			COS ND				S	S	IR	1	
HGM244	HL 97	-	4C	D15a	-	?	MPPNB	F	A - S	FA1								
HGM272	HL 00	-	4D	A6	-	8	MPPNB			FOC R		MX (P3)	E					
HGM291	HL 99	-	4F	A2b	-	14	M L PPNB			ND								
HGM306	HL 02	-	4H	A22	-	12	M L PPNB			ND								
HGM337	HL 02	S4	4H-4I	A6	-	?	?	F		FA1					N		1	
HGM349	HL 03	S4	4J	A29	-	14	M L PPNB			MD			D	S	N	IR	2	
HGM350	HL 03	S4	4J	A29	-	14	M L PPNB			MD			D	S	N	IR	1	
HGM368	HL 03	S4	4J	A39	-	13	M L PPNB			ND								
HGM403	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	F		FA2					N			
HGM404	HL 03	S4	4J	A39a	-	13	M L PPNB	F		FA2					N			
HGM453	HL 03	-	4J	E65	-	13	M L PPNB	F		FA1		-		S	S	P	1	
HGM463	HL 97	S30	A1	-	-	23/27	PREHAL AF	F		FA1								
HGM468	HL 93	S7	B	A7b	-	27	PREHAL AF	F		FA2					N			
HGM476	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	F		FA1			EXT	S	S	OB		
HGM482	HL 94	S7	B	B6d	-	26	PREHAL AF	F		FA2					N			
HGM491	HL 97	S1	Z'Y'	F2	-			F		FA1				S	N	PERF		
HGM492	HL 91	CA1	-	A3	-			F		RA			E					
HGM494	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM495	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM496	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM497	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM498	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM499	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								

ID	AN Y	NIV ELL	SEC TOR	QUA DRE	N. REG	FA SE	PERÍOD E	EDA T	DESGA ST	OS	FRAC CIO	MD/ MX	COS TAT	F	F R	TF	FRAGM ENTS	Remun tatge
HGM500	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM501	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM502	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM503	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM504	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM505	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM506	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM507	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM508	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM509	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM510	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM511	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM512	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM513	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM514	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM515	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM516	Nsi g.	-	-	-	-	13	M L PPNB			ND								
HGM517	Nsi g.	-	-	-	-					MD								
HGM518	Nsi g.	-	-	-	-					MD								
HGM519	Nsi g.	-	-	-	-					MD								
HGM520	Nsi g.	-	-	-	-					MD								
HGM521	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM522	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM523	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM524	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM525	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM526	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM527	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM528	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM529	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM530	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM531	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM532	Nsi g.	-	-	-	-					ND								
HGM545	VI	-	-	-	675					FA3				S	S	OB	1	
HGM546	IV	-	-	-	56			ND		FA1				S	S	IR	1	
HGM559	VI	-	-	-	1358			F		FA1				N			1	
HGM560	VI	-	-	-	20			F		FA2				N				
HGM561	VI	-	-	-	71					TA			E	N			1	
HGM562	VI	-	-	-	1272					TA			E	S	S	OB	1	

## ANNEX III. BIOMETRIA I PROPIETATS MECÀNIQUES

### Referencial Salvatge

CODI 2		Fusion group	Bd	BT	H	h	Geom. Mean.	Ct.Ar	Tt.Ar	Cortical area/Bone area	l(ap)(max)	l(ml)(min)	Circularity	J
84486	Female	G	29.03	27.32	17.51	12.88	20.56518	126.408	213.676	0.591587	2576.976	2060.969	1.250371	4637.944
57949	Female	E	28.53	27.2	15.73	12.09	19.60002	136.543	197.54	0.691217	2368.285	2008.618	1.179062	4376.902
97926	Female	F	29.08	26.85	16.24	11.59	19.57952	105.805	201.616	0.524785	2183.812	1603.066	1.362272	3786.878
97921	Female	F	29.05	27.9	16.74	12.5	20.29336	114.235	202.796	0.5633	2457.61	1874.971	1.310745	4332.581
97925	Female	G	28.49	26.03	16.1	12.3	19.57602	80.184	204.075	0.392914	1752.756	1390.438	1.260579	3143.194
97919	Female	E	31.12	28.7	17.78	13.4	21.47779	104.329	226.727	0.460153	2400.146	2069.489	1.159777	4469.635
58018	Male	G	39.89	35.46	22.91	16.76	27.14723	238.558	462.502	0.515799	12479.82	10020.07	1.245482	22499.88
35676-7	Male	G	39.92	37.91	23.82	15.98	27.54963	309.138	488.533	0.632788	13500.77	10641.15	1.268732	24141.92
57937	Male	D	32.93	30.42	19.14	13.81	22.6841	173.55	286.596	0.605556	5041.321	3986.487	1.264602	9027.808
57943	Male	E	37.64	34.92	23.76	17.01	26.9972	210.489	394.559	0.533479	8715.52	5958.513	1.462701	14674.03
97924	Male	F	35.44	31.88	19.92	17.84	25.17237	159.502	314.712	0.506819	5242.916	4194.991	1.249804	9437.907
97910	Male	C	36.6	34.24	21.65	15.61	25.5105	209.267	349.985	0.597931	6999.178	5768.872	1.213266	12768.05

CODI 2			Bd	Dd	Geom. Mean.	Ct.Ar	Tt.Ar	Cortical area/Bone area	l(ap)(max)	l(ml)(min)	Circularity	J
84486	G	Female	22.48	18.28	20.27152	108.045	298.226	0.362292	4558.715	2942.256	1.549394	7500.971
57949	E	Female	22.81	17.83	20.16686	103.896	153.284	0.677801	1764.406	1395.493	1.26436	3159.899
97926	F	Female	23.23	17.46	20.13941	92.133	137.884	0.668192	1530.579	1042.578	1.468071	2573.157
97921	F	Female	25.14	18.3	21.44906	101.705	160.992	0.631739	2025.782	1489.1	1.360407	3514.881
97925	G	Female	22.97	16.79	19.63839	77.417	150.242	0.515282	1474.635	1246.139	1.183364	2720.774
97919	E	Female	24.93	18.07	21.22463	84.659	162.918	0.519642	1916.9	1169.583	1.638961	3086.483
58018	G	Male	32.56	26.33	29.27977	168.691	360.043	0.46853	7472.61	5537.111	1.34955	13009.72
35676-7	G	Male	31.31	26.08	28.5756	200.367	397.124	0.504545	9407.059	5571.973	1.688281	14979.03
57937	D	Male	24.88	20.93	22.81969	126.17	206.634	0.610597	3107.395	2047.357	1.517759	5154.752
57943	E	Male	29.24	23.6	26.26907	148.947	261.181	0.570283	4710.419	3019.065	1.560224	7729.484
97924	F	Male	27.68	20.67	23.91957	129.386	210.662	0.614188	3427.824	2199.569	1.558407	5627.393
97910	C	Male	28.16	24.28	26.14813	151.078	268.171	0.563364	4866.173	3586.67	1.356739	8452.842

## Tell Halula - Húmers

Identificador	Periode	F. O.	Bd	Bt	Hmax	Hmin	Geom. Mean.	Ct.A	Bone Area	Cortical area/Bone area	lap	lml	Circularity (lap/lml)
33	1	8	33.66	33	20.22	15.05	24.11218	175.659	323.599	0.542829	6114.164366	5415.046	1.129107
34	1	4	34.66	32.5	20.33	14.84	24.14464	127.756	320.018	0.399215	4816.414168	4077.689	1.181163
36	1	9	32.51	32.15	19.45	14.58	23.3329	149.708	266.729	0.561274	3904.826361	2989.593	1.30614
40	1	8	33.33	32.27	19.89	14.67	23.66872	181.84	290.969	0.624946	4929.62315	3565.386	1.382634
44	1	10-Sep	33.39	31.12	19.58	14.47	23.29348	165.834	265.326	0.62502	3716.553781	2792.318	1.330993
45	1	10	34.69	33.03	20.76	15.28	24.55364	159.33	283.212	0.562582	4806.712514	4333.508	1.109197
51	1	10	35.72	33.31	21.11	15.99	25.1742	180.754	284.383	0.635601	4521.037916	4199.108	1.076666
54	1	5	33.31	31.64	19.02	14.32	23.14681	167.412	331.378	0.5052	5921.504521	4576.626	1.293858
55	1	5	33.5	32.36	20.1	15.45	24.08765	169.078	295.869	0.571462	5162.974737	3281.262	1.573472
11	2	20-22	29.41	28.24	16.68	14.03	20.99681	130.102	229.274	0.567452	3015.037406	2140.688	1.408443
18	2	16-18	31.08	30.27	18.93	13.84	22.28153	118.051	243.541	0.484727	2717.711681	2372.267	1.145618
24	2	12	30.71	29.31	18.28	13.8	21.8292	132.632	234.885	0.564668	2976.385171	1841.863	1.615964
25	2	19	31.03	29.07	17.99	13.53	21.64656	132.441	218.118	0.607199	2981.104625	1421.315	2.097427
37	2	14	31.37	29.77	19.43	14.53	22.6599	131.262	235.134	0.558243	3412.060181	1661.443	2.053673
39	2	16-18	32.76	31.12	20	13.76	23.01484	172.057	265.756	0.647425	3582.415939	2800.653	1.279136
47	2	20-22	31.54	30.99	18.82	13.93	22.49901	109.624	215.383	0.508972	2369.754191	1466.633	1.615778
52	2	12	35.44	34.02	21.04	15.37	24.98831	182.631	339.324	0.53822	6323.811695	5190.551	1.218332
8	3	36	31.3	30.27	18.42	14.55	22.44798	131.015	240.02	0.54585	4324.234959	1860.919	2.323709
9	3	37	30.25	28.93	17.85	13.71	21.51233	117.104	197.055	0.594271	2582.785882	1410.489	1.831128
10	3	23	30.15	27.88	17.59	14.41	21.48461	102.079	191.483	0.533097	2238.611895	1220.476	1.834213
13	3	23	29.51	28.53	17.55	14.21	21.406	110.527	211.08	0.523626	2611.045678	1611.523	1.620235
14	3	37	29.27	28.27	17.62	12.03	20.46468	128.962	216.333	0.596127	2782.404924	2374.208	1.17193
19	3	23	27.02	26.3	16.33	12.07	19.34566	100.242	186.989	0.536085	1364.397512	637.1889	2.141276
20	3	23	29.82	28.32	17.08	13.29	20.92442	131.091	276.881	0.473456	3820.322914	2850.51	1.340224
21	3	23	28.44	27.46	16.43	13.42	20.37066	92.545	184.738	0.500953	1965.722361	1155.343	1.701419
22	3	23	29.27	26.96	18.39	13.67	21.10441	126.304	244.306	0.516991	3291.511266	1894.259	1.737625
23	3	29	28.73	27.48	16.89	13.06	20.42826	105.881	239.235	0.442582	2921.689875	1675.004	1.744288
27	3	23	31.7	28.95	18.35	14.3	22.15236	138.917	265.152	0.523915	4026.968748	2469.784	1.630495
28	3	23	29.63	28.68	17.53	13.6	21.21573	102.05	200.467	0.509061	2528.392403	1703.04	1.484635
29	3	23	29.58	29.09	18.35	13.4	21.4472	135.904	215.595	0.630367	2811.364585	1619.135	1.736337
38	3	37	32.8	30.97	19.67	14.82	23.32743	165.858	282.654	0.586788	4656.201512	3333.934	1.396609
46	3	29	34.66	32.13	20.26	15.45	24.29835	168.483	308.43	0.54626	5345.614576	4075.276	1.311718
2	CAAE	16-18	40.96	38.46	23.25	16.18	27.74551	230.353	435.551	0.528877	10730.880179	9780.579	1.097162
3	CAAE	4	41.89	39.43	24.78	17.02	28.89013	293.551	495.434	0.592513	15204.57126	11339.48	1.340852
6	CAAE	8	38.12	38.82	22.81	15.96	27.09204	245.701	416.517	0.589894	9925.682214	8190.54	1.211847

## Tell Halula - Tíbia

Identificador	Periode	F. O.	Bd	Dd	Geom. Mean.	Ct.A	Bone Area	Cortical area/Bone area	lap	Iml	Circularity (lap/Iml)	J
62	1	10	31.68	24.47	27.84259	143.847	371.457	0.387251	7055.695	4936.78	1.42921	11992.47
63	1	10	32.28	25.07	28.44749	171.296	424.978	0.40307	8852.521	6782.186	1.305261	15634.71
65	1	10?	30.29	22.98	26.38303	152.327	340.64	0.447179	6291.66	4652.179	1.352411	10943.84
66	1	5	34.6	25.97	29.97602	226.177	459.456	0.492271	12688.52	8982.504	1.412581	21671.02
67	1	6?	36.49	27.5	31.67767	188.014	520.163	0.361452	13494.64	6889.581	1.958702	20384.22
68	1	.	30.42	23.25	26.59445	138.357	342.757	0.403659	6433.551	3906.701	1.646799	10340.25
70	1	.	33.45	25.62	29.27437	149.749	359.116	0.416993	8077.627	4526.628	1.784469	12604.26
73	1	10	28.97	24.9	26.85802	147.584	307.501	0.479946	5872.177	4115.306	1.426911	9987.483
74	1	3	32.39	24.61	28.23328	157.82	392.229	0.402367	8566.869	5766.319	1.485674	14333.19
76	1	.	29.24	21.58	25.1197	142.115	292.168	0.486415	5233.94	3158.556	1.657067	8392.496
78	1	.	28.72	22.61	25.48253	132.489	273.542	0.484346	4041.607	2900.858	1.393246	6942.465
80	1	8?	28.51	21.03	24.48602	115.609	288.474	0.400761	4390.234	2618.755	1.676459	7008.989
82	1	4	28.16	22.17	24.98614	131.054	257	0.509938	4273.226	3050.174	1.400978	7323.4
83	1	10	27.36	20.1	23.45071	126.657	299.482	0.42292	3610.834	1843.807	1.958358	5454.641
100	1	8	22.26	18.61	20.35334	83.084	154.703	0.537055	1579.842	989.5748	1.596486	2569.417
102	1	4	25.1	19.16	21.9298	111.256	208.815	0.532797	2411.788	1564.274	1.541794	3976.062
77	2	12	28.45	22.33	25.20493	127.444	238.352	0.534688	3689.366	2574.151	1.433236	6263.516
79	2	13	28.58	19.12	23.37626	107.792	196.97	0.547251	2390.165	1586.573	1.506496	3976.737
81	2	14-16	29.36	20.53	24.55119	134.346	286.693	0.468606	5450.871	3289.231	1.657187	8740.102
86	2	12	29.6	22.27	25.67473	145.645	230.3	0.632414	3737.857	2829.509	1.321027	6567.366
87	2	13	29.78	19.96	24.3805	110.772	340.128	0.325677	5182.59	2976.609	1.741106	8159.199
88	2	.	27.4	20.95	23.95892	99.406	228.506	0.435026	3235.956	2104.905	1.537341	5340.861
89	2	13-15	26.49	21.01	23.59142	136.162	196.002	0.694697	2745.441	2302.243	1.192507	5047.684
94	2	20?	30.66	22.93	26.51478	144.613	254.51	0.568202	4542.756	2850.867	1.593464	7393.623
98	2	20	25.09	21.31	23.12289	117.804	207.241	0.56844	2973.725	1699.361	1.749908	4673.086
99	2	.	25.94	21.1	23.39517	95.733	209.94	0.456002	2403.435	1620.393	1.483242	4023.827
105	2	17	25.22	20.44	22.70455	108.158	192.668	0.56137	2634.763	1809.085	1.456406	4443.848
111	2	.	25.35	19.89	22.45465	113.518	220.489	0.514847	2896.77	2166.986	1.336773	5063.756
113	2	20?	24.51	19.32	21.76082	106.693	211.047	0.505541	2263.071	1532.03	1.477171	3795.102
116	2	19?	25.38	20.08	22.575	88.772	189.648	0.468088	2113.386	1064.638	1.985075	3178.024
84	3	26?	29.59	21.3	25.10512	172.96	338.353	0.511182	7802.148	4233.494	1.842957	12035.64
85	3	.	28.52	23.36	25.81138	125.41	262.284	0.478146	3738.717	3083.311	1.212565	6822.028
93	3	.	26.27	20.05	22.95024	91.041	214.539	0.424356	2720.493	1461.306	1.861686	4181.8
95	3	26?	26.23	18.63	22.10577	118.211	186.241	0.634721	2620.952	1628.074	1.609849	4249.025
96	3	23 ?	24.1	18.36	21.03511	92.337	203.88	0.452899	2679.81	1737.671	1.542185	4417.481
97	3	.	25.83	20.7	23.12317	99.097	189.7	0.522388	2370.968	1556.851	1.522925	3927.819
101	3	27?	26.78	20.24	23.28148	122.034	211.637	0.576619	3202.271	2162.927	1.480527	5365.198
103	3	23-27?	24.31	19.57	21.81162	88.627	182.119	0.486643	2089.042	1109.336	1.883146	3198.378
104	3	23 ?	25.31	19.44	22.18167	114.902	173.041	0.664016	2449.101	1604.216	1.526666	4053.317
106	3	22?	25.49	18.9	21.94905	111.127	184.188	0.603335	2458.162	1426.279	1.723479	3884.441
109	3	.	26.01	19.84	22.71648	102.751	182.198	0.563952	2328.564	1381.712	1.685275	3710.276
110	3	23 ?	24.88	19.73	22.15587	86.651	174.543	0.496445	1873.425	1209.947	1.548353	3083.372
114	3	33-34	22.71	19.34	20.95737	100.902	192.133	0.525167	2436.283	1551.831	1.569941	3988.114

## Tell Halula - Metàpodes

			PERIODE	Etiqueta	Tt.Ar	Ct.Ar	Bp	Dp	BD	Dd	Cortical area/Bone area	I(ap)(max)	I(ml)(min)	J
S4	C	E43	1	p MC CAEE	253.106	178.513	32.03	21.62			0.705289	6457.566	1803.641	8261.206563
S4	B	D1a	1	p MC CAEE	195.218	128.882	27.08	18			0.660195	3774.009	1147.255	4921.26389
S4	C	C8e	1	p MC OVOR	252.915	179.806	32.23	22.73			0.710935	6239.061	1809.11	8048.170742
SS7B		B4a	3	p MC OVOR	200.046	112.466	26.15	18.18			0.562201	3111.266	1239.732	4350.997494
S30	AW	A1a	3	d MC CAHI	147.713	95.277			26.89	16.1	0.645014	2788.473	901.0761	3689.548827
			2	p MC CAHI	166.427	110.064	23.22	17.04			0.661335	2097.099	1138.634	3235.732336
SS7	5-12	A9	3	p MC OVOR	155.537	98.038	23.07	16.98			0.630319	1790.073	831.6063	2621.678977
S2	C	E9	2	p MC OVOR	187.467	108.49	25.55	18.81			0.578715	2664.08	1173.162	3837.242124
S30	AX	A1	3	p MC OVOR	178.677	122.483	24	17.43			0.6855	2399.895	1143.439	3543.333844
S30	AR	A3f	3	p MC OVOR	129.621	75.266	21.99	15.72			0.580662	1385.869	566.9064	1952.775862
S4	B	A3d	3	p MC OVOR	144.244	93.631	22.61	16.48			0.649115	1658.843	747.0197	2405.862815
SS7		A10c	3	p MC OVOR	159.747	106.902	23.44	17.42			0.669196	1884.309	694.6316	2578.940169
S2	C	D1a	2	d MT OVOR	169.067	81.109			24.87	15.5	0.479745	2195.364	836.9932	3032.35717
S2	C	D1a	2	d MT CAHI	130.434	78.546			24.59	16.1	0.60219	1377.212	609.1102	1986.322412
S2	C-B	E30a	2	p MT CAHI	211.669	140.513	22.48	22.7			0.663834	2812.11	3346.752	6158.862027
S2	D	A14a	2	d MT OVOR	130.922	84.292			25.56	17.45	0.643834	1886.771	698.3994	2585.170848
S2	D	A6b	2	d MT OVOR	133.843	88.863			26.02	15.69	0.663935	2188.453	735.8795	2924.332403
S2	D	E24	2	d MT OVOR	113.267	64.359			24.13	16.37	0.568206	1360.275	555.4698	1915.745125
S30	AQ	A2d	3	p MC OVOR	129.087	84.653	22.26	16.46			0.655783	1350.886	606.2639	1957.149494
S30	AR	A1	3	p MT CAHI	182.372	109.99	22.89	20.52			0.603108	2486.352	1853.581	4339.933558
S30	AR	A1a	3	p MC OVOR	131.807	88.93	21.32	15.98			0.674699	1360.824	715.699	2076.522707
S30	AR	A3f	3	d MT OVOR	111.251	74.844			22.31	15.67	0.672749	1319.323	486.6162	1805.939143
S30	AR	A3f	3	d MC OVOR	134.496	95.684			25.69	17.12	0.711426	2327.579	667.2198	2994.79897
S30	AV	A2d	3	p MT OVOR	140.162	87.338	19.34	19.07			0.623122	1198.919	1085.283	2284.201933
S30	AX	A1b	3	d MC OVOR	104.958	75.987			24.84	15.38	0.723975	1470.317	357.6235	1827.940138
S30	AX	A3b	3	p MT OVOR	150.983	101.088	19.5	20.86			0.669532	1255.134	1584.463	2839.596171
S30	M'	A2	3	d MT CAHI	142.295	78.624			23.39	15.41	0.552542	1573.257	661.585	2234.842049
S38	38	A5	3	d MC OVOR	110.896	68.196			22.87	15.59	0.614955	1306.81	452.2164	1759.025968
S38	38	A5	3	p MC OVOR	120.706	85.549	20.92	15.3			0.708739	1135.396	591.4896	1726.88552
S38	38	A5	3	d MC OVOR	133.241	67.156			24.9	15.91	0.504019	1867.682	638.9023	2506.58463
S4	B	D17a	1	d MT CAHI	145.386	87.928			26.3	17.57	0.60479	1728.876	702.3589	2431.235357
S4	B	D19a	1	p MC OVOR	182.498	116.681	25.1	17.5			0.639355	2399.442	1034.775	3434.216873
S4	B	F8'	1	p MT CAHI	235.218	140.656	23.53	21.4			0.597981	3060.79	3301.307	6362.097346
S4	C	A6f	1	p MT CAHI	165.415	116.184	21.09	19.01			0.702379	1771.77	2072.404	3844.174143
S4	C	B1b	1	d MC CAEE	209.572	124.197			29.9	18.12	0.592622	3751.041	1203.941	4954.982665
S4	C	C10e	1	p MT CAHI	211.653	143.299	22.03	21.04			0.677047	2688.301	2916.59	5604.891403
S4	C	C10e	1	d MT CAHI	166.553	101.956			27.34	17.8	0.612153	2206.932	1124.755	3331.686637
S4	C	C2e	1	p MT CAHI	228.562	145.512	22.74	21.86			0.636641	3015.609	3220.376	6235.985062
S4	C	C8e	1	d MC CAEE	212.834	113.989			31.29	19.49	0.535577	3855.307	1169.77	5025.077189
S4	C	E107-E108	1	p MT CAHI	202.657	141.85	21.88	21.21			0.699951	2675.843	2597.197	5273.03949
S4	D	A2a	2	p MT CAHI	210.73	132.409	22.01	20.62			0.628335	2892.276	2994.877	5887.153133
S4	H	A13	2	p MT CAHI	251.538	161.164	22.51	22.64			0.640714	3897.124	5298.686	9195.810564
S4	H-I	A6	2	d MC CAEE	186.246	88.455			29.87	18.54	0.474936	3147.963	738.2351	3886.198422
S4	I	B2	2	d MT CAEE	205.043	121.142			29.51	18.56	0.590813	3207.404	1369.438	4576.841716
S4	I	B2	2	p MT CAEE	242.13	168.352	23.24	21.76			0.695296	3794.032	3810.27	7604.302121

			PERIODE	Etiqueta	Tt.Ar	Ct.Ar	Bp	Dp	BD	Dd	Cortical area/Bone area	I(ap)(max)	I(ml)(min)	J
S4	J	A29	2	p MT CAAE	260.574	178.37	24.77	23.76			0.684527	4716.001	4245.983	8961.983829
S47	47	B5	3	d MC OVAR	165.61	119.804			25.63	15.93	0.72341	3488.41	900.3278	4388.737521
SS7	4-11	A8	3	p MT OVAR	141.287	107.567	18.7	19.05			0.761337	1384.752	1440.914	2825.666208
SS7	4-11	A8	3	d MT CAHI	134.843	88.29			23.9	15.37	0.654761	1776.639	531.3371	2307.976139
SS7	4-12	A8	2	d MT OVAR	178.458	109.616			26.05	17.52	0.61424	2768.843	1332.533	4101.37561
SS7		A1	3	d MT CAHI	141.715	87.113			25.63	16.35	0.614706	1770.668	816.5594	2587.227067
SS7		A8	2	d MT OVAR	150.272	100.473			26.24	16.94	0.668608	2375.315	1007.754	3383.068711
SS7D		A4b(B)	3	d MC OVAR	161.218	96.725			25.39	16.56	0.599964	2648.534	829.6949	3478.228514
		B2C	2	p MT CAHI	127.95	83.878	20.36	18.66			0.655553	1051.397	1185.765	2237.162619
			1	p MT OVAR	129.932	85.433	20.4	19.2			0.657521	1166.479	1092.281	2258.760024

## La Draga i Cova de les Pixarelles - Falanges

	Centroid	Glpe	Bp	SD	Bd	Ct.Ar	Tt.Ar	Ct.Ar/Tt.Ar	Iap	Iml	Iap/Iml	J
DR11F	119.9	57.6	27.7	23.2	27.5	149.2	447.3	33.4	8360.2	6950.7	1.2	15310.9
DR16F	124.9	59.0	28.9	23.9	26.9	203.1	485.9	41.8	10883.0	9262.5	1.2	20145.5
DR24F	126.4	58.0	31.2	26.4	27.8	208.8	501.1	41.7	11017.4	12120.1	0.9	23137.6
DR4F	133.0	59.8	31.8	26.5	29.3	192.6	553.1	34.8	12217.3	11896.8	1.0	24114.1
DR7F	132.3	59.6	30.4	26.2	29.6	195.8	541.0	36.2	10964.2	11272.4	1.0	22236.6
DR1M	130.5	63.7	32.7	27.5	29.0	147.6	533.2	27.7	8965.7	9294.3	1.0	18260.0
DR18M	131.2	63.3	31.6	25.0	29.7	213.6	539.7	39.6	12331.0	10830.6	1.1	23161.7
DR2M	132.5	64.4	32.1	26.4	29.9	185.6	549.2	33.8	11708.1	10784.1	1.1	22492.2
DR21M	130.7	61.6	30.7	25.8	27.6	182.8	536.7	34.1	11541.2	10282.5	1.1	21823.7
DR22M	134.6	62.1	32.7	28.1	25.1	154.6	562.2	27.5	10197.0	10273.1	1.0	20470.1
DR23M	133.5	62.2	33.1	26.3	28.9	177.8	554.2	32.1	11403.2	10561.5	1.1	21964.7
DR25M	134.7	63.4	33.2	26.9	29.0	199.3	461.1	43.2	9328.6	8913.8	1.0	18242.4
DR3M	130.3	64.7	31.4	26.1	28.4	152.7	527.0	29.0	9839.6	9663.7	1.0	19503.3
DR6M	126.7	65.9	29.8	26.5	28.7	191.8	500.4	38.3	10883.5	13362.2	0.8	24245.7
DR10O	141.3	64.7	35.8	29.0	31.4	254.2	627.2	40.5	16702.0	18060.2	0.9	34762.3
DR14O	152.1	68.2	36.5	30.9	33.9	235.1	721.2	32.6	19448.7	19281.1	1.0	38729.8
PIX102M	133.6	60.5	32.9	28.0	30.8	258.3	554.0	46.6	14444.1	17259.1	0.8	31703.2
PIX137F	127.7	56.0	28.3	23.5	27.2	184.6	506.7	36.4	9662.0	9493.9	1.0	19155.9
PIX969F	170.6	57.8	44.2	36.6	41.1	358.1	904.5	39.6	31785.6	41854.6	0.8	73640.2
PIX987F	135.0	57.5	31.1	25.8	29.4	192.8	568.6	33.9	13915.6	11013.6	1.3	24929.2

	Centroid	Glpe	Bp	SD	Bd	Ct.Ar	Tt.Ar	Ct.Ar/Tt.Ar	Iap	Iml	Iap/Iml	J
DR9F	108.9	64.5	27.4	21.0	25.8	135.8	368.6	36.8	6266.8	6102.0	1.0	12368.8
DR5F	120.7	65.2	29.3	23.2	26.7	146.7	452.0	32.5	8293.8	7236.7	1.1	15530.6
DR8F	119.9	63.5	27.2	23.3	25.3	138.7	451.0	30.8	7134.2	5616.7	1.3	12750.9
DR13F	119.9	63.9	30.0	24.6	27.4	194.8	450.9	43.2	9378.5	8568.8	1.1	17947.3
DR19M	125.9	71.7	32.9	25.4	30.9	195.4	496.5	39.4	11205.4	11046.2	1.0	22251.6
DR12M	122.1	67.0	28.5	23.8	26.9	151.7	462.5	32.8	8651.9	6600.4	1.3	15252.3
DR15M	116.2	68.5	28.6	22.5	26.0	162.8	422.3	38.6	8082.6	7182.4	1.1	15265.0
DR17M	125.1	69.7	30.0	24.8	28.5	190.9	482.2	39.6	10009.9	9189.7	1.1	19199.6



DR20M	124.9	74.2	30.8	26.3	30.2	184.3	575.9	32.0	11720.5	9340.9	1.3	21061.5
PIX1055M	129.5	60.0	31.0	25.6	30.2	213.8	524.0	40.8	11421.5	12211.9	0.9	23633.5
PIX394M	134.6	59.8	30.7	25.5	29.6	189.3	563.5	33.6	12319.4	12563.8	1.0	24883.2
PIX528M	127.0	58.8	29.3	24.3	27.5	194.0	507.0	38.3	10836.2	10779.4	1.0	21615.6
PIX37F	117.7	58.2	27.5	21.7	25.9	184.1	432.1	42.6	8976.5	7671.2	1.2	16647.7
PIX874F	108.6	55.1	26.8	21.6	24.0	187.7	366.6	51.2	7041.9	7231.5	1.0	14273.4
PIX42F	125.1	58.4	27.6	23.8	28.4	213.5	491.2	43.5	11682.7	11167.5	1.0	22850.2

## Pixarelles – Biometria

### Dentició

Codi	Dent	MX/MD	Lat.	Espècie	Desgast	L	A
T12	M1	MX		BOTA		23.2	19.2
T12	M2	MX		BOTA	H	26.4	20.6
T12	M3	MX		BOTA		26.5	18.3
T176	M3	MD	d	BOTA	G	34.7	13
T180	M1	MD	d	BOTA	K	24.7	15.6
T180	M2	MD	d	BOTA	K-L	28.4	14.3
T180	P4	MD	d	BOTA	G		
T184	M1	MD		BOTA	K	25.2	12.4
T189	P2	MX	d	BOTA			
T189	P3	MX	d	BOTA			
T190	M2	MD	d	BOTA	L	26.5	12.5
T193	M1	MD	d	BOTA	M	22.9	15.1
T193	M2	MD	d	BOTA	K	27.7	15.5
T201	M3	MD	d	BOTA	K	37.5	14.9
T202	M3	MD	e	BOTA	J-K	34.2	14
T203	M3	MD	d	BOTA	G	33.3	12.7
T204	M1	MX	e	BOTA	K	25	20.6
T205	M2	MX	d	BOTA	K	29.9	22.5
T205	M3	MX	d	BOTA	G	30	20.3
T206	D3-M3	MX	d	BOTA			
T208	D4	MX	e	BOTA	J	32.1	12.1
T208	M1	MX	e	BOTA	F		
T208	M2	MX	e	BOTA	A (S)		
T209	M2	MD	e	BOTA	K	26.9	16.8
T209	M3	MD	e	BOTA	H	38.6	15.7
T214	M1			BOTA	K	27.5	20.3
T214	M2			BOTA	G	27.9	19.5
T214	M3			BOTA	C		
T271	M1	MD	e	CAHI	G	12.7	7.7
T81	M3	M3	e	CAHI	H	15.7	9.8
T237	M1	MD		OC	K	10.6	6.7
T237	M2	MD		OC	G	12.8	8
T237	M3	MD		OC	G	21.3	7.7

## Esquelet Postcranial

Os	Lat.	Espècie	GL	GB
CA	d	BOTA		49
CA	d	CAHI	54.5	20.9

Os	Lat.	Espècie	GLP	LG	BG	SLC
E	d	BOTA	61.4	53.9	43.3	44.8
E	d	CAHI	30.5	24.9	20.5	17.5

Os	Lat.	Espècie	GL	Bp	Dp	SD	Bd
FA1		BOTA	56.7	27.9	28.8	24.7	27.5
FA1		BOTA	62.2	32.7	32.3	29.3	31.5
FA1		BOTA	56.4	28.2	32.2	25.3	28.4
FA1		BOTA	57.3	29.3	31	25.3	26.9
FA1		BOTA	58.6	27.1	29.9	23.5	25.4
FA1		BOTA	-	31.8	33.3	-	-
FA1		BOTA	59	30.3	32	27.5	28.8
FA1		OVAR	36.8	11.7	14	10.3	11.3

Os	Lat.	Espècie	GL	Bp	Dp	SD	Bd
FA2		BOTA	38.1	32.2	35.5	26.7	29.1
FA2		BOTA	38.7	26.5	28.4	21.6	22.4
FA2		BOTA	37.9	28	31.1	22.5	23
FA2		BOTA	40.1	30	30.1	25.3	24.1
FA2		CAHI	21.4	11.5	11.5	8.7	9.1
FA2		CAHI	23.8	10.5	12	7.5	8.7
FA2		CAHI	23.7	12.1	11.2	9	10.09

Os	Lat.	Espècie	GL	Ld	MBS
FA3		BOTA	69.1	54.9	21.6
FA3		BOTA	60.4	47.8	21.8
FA3		BOTA	56	44.4	21.4
FA3		BOTA	54.7	41.9	17.4
FA3		BOTA	62.9	52.8	21.2
FA3		BOTA	55.6	45.6	18.5
FA3		BOTA	62	48.9	20.4
FA3		BOTA	75.7	54.6	24.7
FA3		BOTA	67.04	52.3	20.4
FA3		BOTA	65.9	47	22.7
FA3		BOTA	62.6	48.9	21.8

Os	Lat.	Espèce	SD	Bd	GLC	BT	HTc	h	Mostreig
HU	d	BOTA		84,33		76,27			aDNA
HU	d	BOTA		83,83		77,10			aDNA
HU	d	BOTA	42,50	91,00	288	81,70			aDNA
HU		CAHI		28.1		27.8	17.5	13.1	
HU		CAHI		27.6		26.2	16.6	12.7	
HU	e	OVAR?		27.3		26.4	17.8	13.5	

Os	Lat.	Espèce	GL	Bp	SD	Bd	GLC	BT	Dd	Mostreig
MC	d	BOTA	208	60	31.1	61.68			23.8	aDNA
MC	e	BOTA				55.9	55.9		32.6	
MC		OVAR				24.6		24	15	

Os	Lat.	Espèce	Bp	Dp	Bd	BT	DD	Dd	Mostreig
MT	d	BOTA	41.6	42.7					
MT		BOTA	41.5	44.5					
MT	d	BOTA			57.7			27	aDNA
MT		CPCP?			20.8	20.4	14.2		

Os	Lat.	Espèce	GL	Bp	Dp	SD	Bd	BT	HTc	h	Dd	BFd	BFp	Mostreig
RA	d	OVAR	141.7	27.6	14.2	15.4	27.3				17.8	22.7	25.6	
RA	d	BOTA		90.04									80.8	aDNA
RA	d	BOTA		80.46									71.9	aDNA
RA	d	BOTA		80.45									72.5	aDNA
RA	d	BOTA		88.11									79.7	aDNA
RA	d	BOTA					74.4				47.4	76.3		
RA	d	BOTA					80.1				56.5	79.8		
RA	d	BOTA						81.9	76.8	38.8				
RA	e	BOTA						77.8	71	40.3				
RA	e	CAHI					26				13.4	24.4		
RA	d	OVAR					24				16.2	21.1		

Os	Lat.	Espèce	DT
ROT	d	BOTA	42.8
ROT	e	BOTA	47.2
ROT	e	BOTA	59.95

Os	Lat.	Espèce	Bd	GLl	GLm	DI	Dm
TA	d	BOTA	ap 50,3				
TA	d	BOTA	40.02	65.6	59.3	34.6	31.3
TA	d	CAHI	17.1	26.9	25	13.7	14.7
TA	e	CAHI	16.5	25.5	24.3	13.5	15.1

TA	e	OVAR	16.4	25.4	24.4	14.6	14.5
<b>Os</b>	<b>Lat.</b>	<b>Espècie</b>	<b>SD</b>	<b>Bd</b>	<b>Dd</b>	<b>Mostreig</b>	
TI	d	BOTA		58.33		aDNA	
TI	d	BOTA		61.74		aDNA	
TI	e	BOTA	47.5	*65,7	*57,3		

<b>Os</b>	<b>Lat.</b>	<b>Espècie</b>	<b>LO</b>	<b>DPA</b>	<b>SDO</b>	<b>DPC</b>	<b>BPC</b>
UL	e	BOTA				49.2	45.7
UL	d	BOTA	119.9	73.23	57.2	62.2	49.8
UL	d	BOTA	88.3	61	50.8	54.9	45.3

### Tell Halula – Biometria Porc

		<b>E</b>					
		aPC					
HGM153		30,59					
HGM205		22,82					
HGM206		22,49					
HGM103		24,76					
HGM352		24,57					
		<b>HU</b>					
		Asd	Ad	HMSd	HmSd		
HGM340		35,36	45,18	31,58	20,96		
HGM118		38,95	47,61	35,4	22,81		
HGM551		39,18	45,62	34	22,99		
HGM333		34,47	44,01	32,04	21,5		
HGM431		36,27	45,79	32,31	21,46		
		<b>RA</b>					
		Ap	aPp	Ad	aPd		
HGM146		37,44	25,52				
HGM379				40,96	31,3		
HGM380		34,65	25,33				
HGM381		30,4	23,08				
HGM475				41	27,11		
HGM552				38,55	28,99		
HGM116		33,44	21,58				
HGM336		36,61	28,21				
HGM492		32,16	23,58				
		<b>UL</b>					
		aPPa	ASp				
HGM152		28,61	33,33				
HGM203		17,21	24,8				

HGM479		40,5	24,61			
	<b>FE</b>					
		aPC				
HGM141		32				
	<b>TI</b>					
		aPd	Ad			
HGM373		33,01	35,77			
HGM374		31,59	36,4			
HGM044		24,67	28,09			
HGM376		30,76	35,76			
HGM459		23,2	26,32			
HGM477			37,29			
	<b>TA</b>					
		Lla	Lme	aPla	aPme	Ad
HGM561		45,84	40,8	23,68	25,18	27,26
HGM562		41,72	24,7	26	28,04	29,18
	<b>CAL</b>					
		AM				
HGM189		30,5				
	<b>MC</b>					
		Ad	aPd			
HGM391		19,97	21,15			
	<b>MC II</b>					
		Ad	aPd			
HGM386		12,79	16,16			
HGM387		13,6	19,01			
HGM041		10,81	14,53			
	<b>MC III</b>					
		Ap	aPp	Ad	aPd	LM
HGM393				19,85	19,76	
HGM397				20,85	20,64	
HGM036				18,24	18,83	
HGM039		21,2				
HGM040		22,65	19,01			
HGM398		27,26	22,27			93,11
	<b>MC IV</b>					
		Ap	aPp	Ad	aPd	LM

HGM388		19,97	18,66			
HGM392		19,31				
HGM395				18,34	20,31	
HGM396		19,13	19,12			94,47
	<b>MC IV</b>					
		Ap	aPp	Ad	aPd	
HGM372				14,19	17,38	
HGM457				9,28	12,54	
HGM566		8,15	11,86			
	<b>MT III</b>					
		Ap	aPp			
HGM178		15,34				
HGM046		20,42	26,92			
HGM192		18,17				
HGM565		19,25	25,51			
HGM390		20,03				
HGM480		18,95	26,5			
	<b>MC IV</b>					
		Ap	aPp			
HGM385		16,11	25,67			
HGM389		18,86				
	<b>FA1</b>					
		Lmpe	Ap	aPp	AD	Ad
HGM400					16,37	11,75
HGM402		46,82			18,69	12,4
HGM406		44,14			18,18	12,42
HGM429			18,06	21,07		
HGM430			18,76	18,18		
HGM399			20,6	21,12		
HGM401			19,42	20,72		
HGM035			19,26	18,55		
HGM453		41,91	23,58	22,45	17,55	19,7
HGM029					12,03	13,62
HGM038		44,14	18,59	18,56	14,45	17,42
HGM101						15,01
HGM106					15,93	17,77
HGM147		39,65	21,15	20,24	15,85	18,28
HGM244		48,43	17,65	20,44	17	20,75
HGM337		42,28	20,29	19,82	15,15	17,95
HGM351					15,91	17,44
HGM463		35,63	17,92	16,71	13,45	15,87

HGM476		22,13	7,61	8,84	12,04	8,01
HGM491		48,64	17,61	19,96	15,75	17,61
HGM546					15,08	17,41
HGM547			19,8	18,72		
HGM559		45,77	19,95	19,82	15,03	16,54
	<b>FA2</b>					
		Lmpe	Ap	aPp	AD	Ad
HGM458			15,13		12,49	
HGM030		24,54	14	13,65	11,54	12,3
HGM045						16,03
HGM054		28,56	17,95	18,61	13,99	13,99
HGM055		30,22	22,26	22,74	17,48	20,19
HGM062		24,52	17,83	14,74	13,82	12,83
HGM145		32,28	21,28	21,12	17,51	17,94
HGM403		30,11	20,42	20,69	19,71	17,65
HGM404		30,72	19,72	19,4	19,96	17,15
HGM468		22,47	14,15	13,8	12,04	12,19
HGM482		32,15	21,58	20,05	18,19	16,42
HGM548		31,31	18,99	16,64	14,44	15,44
HGM560		28,04	18,84	18,39	16,12	16,06
	<b>D2s</b>					
		L	A			
HGM115		7,55	3,64	-	-	
	<b>D3i</b>					
		L	A	Lc	Ac	
HGM234		11,46	5,51	10,95	5,35	
	<b>D3s</b>					
		L	A	Lc	Ac	Hc
HGM167				9,34	4,2	6,22
HGM278		13,22	7,36	11,43	6,22	
HGM057		10,82	5,66			
HGM196		11,4	5,54			
	<b>D4i</b>					
		L	A	Lc	Ac	
HGM016		22,04	9,15			
HGM067			9,85		9,72	
HGM216		20,69	9,73	19,1	9,51	
HGM433			9,34		9,24	
HGM558			8,61		8,49	
HGM334		19,98	9,3	18,95	9,26	

	<b>D4s</b>					
		L	A	Lc	Ac	
HGM056		14,09	9,05	13,12	8,73	
HGM097		13,83	8,93	13,32	8,78	
HGM112		12,49	8,64	11,25	8,36	
HGM195		14,46	9,01	13,45	8,95	
HGM304		15,1	9,67			
HGM321		13,62	9,15	12,72	8,98	
HGM487		11,66	8,25			
	<b>P1i</b>					
		L	A			
HGM022		10,18	3,09	9,2	3,81	6,73
HGM239		8,51	4,04			
HGM331		9,45	3,92			
	<b>P1s</b>					
		L	A			
HGM120		8,96	3,79	-		
	<b>P2i</b>					
		L	A	Lc	Ac	Hc
HGM007		13,32	6,24	11,4	6,21	
HGM013		12,22	4,63	10,86	5,63	
HGM068		10,99		10,26		
HGM166				11,89	7,51	9,86
HGM221		11,16	5,43	10,85	5,28	
HGM258		13,4	5,6	11,36	5,36	8,26
HGM355		12,87	4,22	11,36	5,23	
HGM417		12,72	5,74	10,97	5,42	
HGM543					5,25	7,94
HGM557		11,15	4,82	10,26	4,73	
HGM222			3,56		3,56	
	<b>P2s</b>					
		L	A	Lc	Ac	Hc
HGM111		13,79				
HGM121				12,47	6,91	
HGM159				12,32	7	
HGM233		12,87	7,21	11,71	6,85	
HGM461		12,85	6,4	10,36	5,94	
	<b>P3i</b>					
		L	A	Lc	Ac	Hc
HGM014		16,09	7,55	15,63	9,98	





HGM064		14,07	14,21	12,93	14,12	
HGM092		13,5	14,39	12,48	14,39	
HGM110		13,24	12,79	12,22	12,65	
HGM150		14,59	14,75	13,58	14,68	12,65
HGM241		13,1	10,61	12,52	9,81	
HGM246		13,16	12,88			
HGM267		14,36	14,41	12,97	14,07	
HGM273		14,43	13,23	12,37	13,23	
HGM309		14,47	10,4		15,1	
HGM326		14,39	13,17	12,96	13,05	
HGM327		14,43	13,15	12,95	12,93	
HGM419		14,6	15,09	13,52	14,71	
HGM440		13,69	14,67	12,86	14,54	
HGM209		13,29	13,57	12,05	13,24	
	<b>M1i</b>					
		L	A	Lc	Ac	Hc
HGM019		19,51	13,15			
HGM024		18,36	12,6			
HGM052		19,6	12,63			
HGM072		19,03	11,84			
HGM086			12,15			
HGM091		21,17	12,85	17,98	12,85	
HGM283		18,47	12,24			
HGM296		18,04	11,44	16,88	11,44	
HGM359		19,43	12,57			
HGM361		18,71	12,44			
HGM362		17,69	11,33	16,45	11,33	6,54
HGM383		18,79	11,63	17,28	12,32	7,71
HGM432		18,88	11,41	16,07	11,41	
HGM473		22,07	13,63	19,31	13,63	
HGM490		20,01	12,15	16,87	12,15	
HGM555		18,24		15,57		
HGM213		19,55	12,19	17,62	12,19	
HGM214		19,53	12,32	17,34	12,32	
HGM236		19,88		18,36		
HGM237		16,68		16,28		
HGM465		16,17	13,24			
	<b>M1s</b>					
		L	A	Lc	Ac	Hc
HGM005		17,27	13,54	14,38	13,54	
HGM061			12,26		12,26	
HGM109		16,74	12,35	14,91	12,35	
HGM248		17,16		14,68		

HGM256	17,55	14,46				
HGM269	19,2	15,23	18,12	15,23		
HGM274	18,66	14,97	16,13	14,97		
HGM292	16,19	12,96	14,88	12,88	7,08	
HGM308		12,91				
HGM314	15,53	13,21				
HGM319	16,13	12,14	14,4	12,12		
HGM320	15,76	12,24	14,4	12,24		
HGM428	17,04	15,22	15,18	15,22		
HGM131	14,46	11,38	13,18	11,77		
HGM149	18,59	14,34	16,59	14,15	8,15	
HGM194	16,26	12,32	14,22	12,181		
HGM027	18,02		16,12			
HGM089	17,88	14,68	15,28	14,59	7,28	
HGM323	15,72	10,02	14,44	12,56		
HGM488	14,29	11,22	12,26	11,19		
HGM188			13,6	12,93		
	<b>M2i</b>					
		L	A	Lc	Ac	
HGM002	21,77	13,42	19,41	13,4		
HGM018	23,72	15,73				
HGM074	24,32	14,5				
HGM075	25,79	14,53				
HGM156	25,22	14,71	22,89	14,71		
HGM163	23,48	15,96				
HGM198	25,28	15,83	22,53	15,83		
HGM215	25,4	15,76	23,73	15,76		
HGM282	22,45	14,95				
HGM294	24,29	16,21	22,38	16,21		
HGM301	23,31	14,42	20,65	14,42		
HGM341	25,04	14,7	21,92			
HGM360	21,85	13,87	20,55	13,87		
HGM363	22,81	15,05				
HGM382	25,47	16,98				
HGM408	25,64	16,19	23,25	16,19		
HGM486	24,89	15,22	22,85	15,22		
HGM493	18,68	11,74				
HGM569	23,86		20,59			
HGM288	24,13	14,9	21,95	14,9		
HGM464	21,27	14,14				
	<b>M2s</b>					
		L	A	Lc	Ac	Hc
HGM008	23,61	19,57				

HGM012	23,71	19,24				
HGM017	18,42	14,91				
HGM032	21,06	15,98	18,55			
HGM058	19,44	14,77	16,38	14,77		
HGM059	22,8	18,72	20,73	18,72		
HGM063	24,32	18,95				
HGM093		19,41		19,41		
HGM164	17,57	13,98	14,33			
HGM193	19,43	16,12				
HGM199	24,7	19,95	22,23	19,95		
HGM243	21,5	17,01	20,2	17,01		
HGM265	24,02	18,9	22,25	18,9		
HGM266	21		21			
HGM295	25,9	20,27	21,8	20,27		
HGM303	20,07	15,7	17,75	15,7		
HGM307	24,59	18,8				
HGM313	20,12	16,4				
HGM318	19,85	15,04	16,77	15,04		
HGM322	23,02	19,24				
HGM324	19,94	15,46			8,48	
HGM346	23,7	18,5	19,52			
HGM365		13,65		18,35		
HGM489	16,96	13,31	13,96	13,31		
HGM148	22,62	18,06	19,82	18,01	13,29	
HGM317	19,85	15,04	16,74	15,04		
HGM438	18,87	15,01	16,72	15,01		
HGM034	21,75	18,76				
HGM187	19,4	16,37				
	<b>M3i</b>					
		L	A	Lc	Ac	Hc
HGM001			14,9		14,9	
HGM025			17,22			
HGM053	38,35	16,71				
HGM066	40,39	17,79	40,24	17,79		
HGM165			38,26	18,16	13,63	
HGM293	41,85	19,18	41,57	18,7		
HGM343	39,46	16,99	38,43	16,99		
HGM358	39,3	17,1				
HGM410	43,92	18,82				
HGM411	40,53	18,43				
HGM537	41,35					
HGM287		19,6		19,6		
	<b>M3s</b>					

	L	A	Lc	Ac	
HGM009	37,14	21,78			
HGM010	35,7	20,72			
HGM011	36,73	18,36			
HGM033	29,59	17,55	27,86	17,48	
HGM047		16,75		20,38	
HGM088	31,63		30,09		
HGM191	35,23	19,8			
HGM207	35,25	20,22			
HGM250		22,35		22,35	
HGM302		22			
HGM316	38,48	22,3	37,23	22,07	
HGM409	36,7	22,16	36,03	22,16	
HGM568	34	20,39			

**ANNEX IV. TAULES ESTADISTICA DESCRIPTIVA**

	HÚMER				TÍBIA			
	Ct.Ar/Tt.Ar		Circularitat		Ct.Ar/Tt.Ar		Circularitat	
	F	M	F	M	F	M	F	M
<i>N</i>	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Min</i>	0.393	0.507	1.16	1.213	0.362	0.469	1.183	1.35
<i>Max</i>	0.691	0.633	1.362	1.463	0.678	0.614	1.639	1.688
<i>Sum</i>	3.224	3.392	7.523	7.705	3.375	3.332	8.465	9.031
<i>Mean</i>	0.537	0.565	1.254	1.284	0.562	0.555	1.411	1.505
<i>Std. error</i>	0.043	0.022	0.031	0.037	0.049	0.024	0.071	0.053
<i>Variance</i>	0.011	0.003	0.006	0.008	0.015	0.003	0.03	0.017

	Femelles			Mascles			Femelles			Mascles			
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
<i>N</i>	3	1	3	2	2	3	3	1	3	2	2	3	<i>N</i>
<i>Min</i>	0.51	0.57	0.44	0.56	0.54	0.55	1.29	1.41	1.17	1.08	1.22	1.31	<i>Min</i>
<i>Max</i>	0.63	0.57	0.60	0.64	0.65	0.59	1.33	1.41	2.14	1.11	1.28	2.32	<i>Max</i>
<i>Sum</i>	1.69	0.57	1.57	1.20	1.19	1.68	3.93	1.41	5.06	2.19	2.50	5.03	<i>Sum</i>
<i>Mean</i>	0.56	0.57	0.52	0.60	0.59	0.56	1.31	1.41	1.69	1.09	1.25	1.68	<i>Mean</i>
<i>Std. error</i>	0.03	0.00	0.04	0.04	0.05	0.01	0.01	0.00	0.28	0.02	0.03	0.32	<i>Std. error</i>
<i>Variance</i>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.32	<i>Variance</i>

	Ct.Ar/Tt.Ar									
	Metacarpia					Metatarsià				
	distal		proximal			distal		proximal		
	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.
<i>N</i>	1	3	1	2	6	1	10	2		
<i>Min</i>	0.65	0.47	0.66	0.66	0.55	0.59	0.60	0.68		
<i>Max</i>	0.65	0.59	0.66	0.71	0.65	0.59	0.70	0.70		
<i>Sum</i>	0.65	1.60	0.66	1.37	3.64	0.59	6.51	1.38		
<i>Mean</i>	0.65	0.53	0.66	0.68	0.61	0.59	0.65	0.69		
<i>Std. error</i>	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01		
<i>Variance</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

	Ct.Ar/Tt.Ar						Iap/Iml						
	HU	MC p	MC d	TI	MT p	MT d	HU	MC p	MC d	TI	MT p	MT d	
<i>N</i>	32	1	1	43	10	6	<i>N</i>	32	1	1	43	10	6
<i>Min</i>	0.40	0.66	0.65	0.33	0.60	0.55	<i>Min</i>	1.08	1.84	3.09	1.19	0.74	1.96
<i>Max</i>	0.65	0.66	0.65	0.69	0.70	0.65	<i>Max</i>	2.32	1.84	3.09	1.99	1.34	3.34
<i>Mean</i>	0.55	0.66	0.65	0.50	0.65	0.61	<i>Mean</i>	1.53	1.84	3.09	1.57	0.94	2.43
<i>Std. error</i>	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	<i>Std. error</i>	0.06	-	-	0.03	0.05	0.20
<i>Variance</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	<i>Variance</i>	0.11	-	-	0.04	0.03	0.23

	Iap/Iml							
	Metacarpia				Metatarsià			
	distal		proximal		distal		proximal	
	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.	Dom.	Salv.
N	1	3	1	2	6	1	10	2
Min	3.09	3.12	1.84	3.29	1.96	2.34	0.74	1.00
Max	3.09	4.26	1.84	3.58	3.34	2.34	1.34	1.11
Sum	3.09	10.68	1.84	6.87	14.57	2.34	9.44	2.11
Mean	3.09	3.56	1.84	3.43	2.43	2.34	0.94	1.05
Std error	0.00	0.36	0.00	0.15	0.20	0.00	0.05	0.06
Variance	0.00	0.38	0.00	0.04	0.23	0.00	0.03	0.01

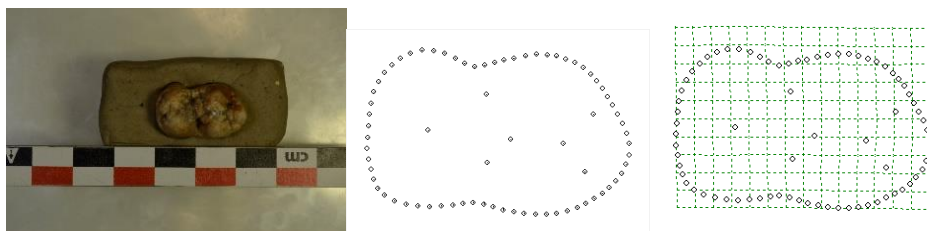
	Ct.Ar/Tt.Ar							
	Metacarpia				Metatarsià			
	distal		proximal		distal		proximal	
	Cabra	ovella	Cabra	ovella	Cabra	ovella	Cabra	ovella
N	1	6	1	11	6	7	10	4
Min	0.65	0.50	0.66	0.56	0.55	0.48	0.60	0.62
Max	0.65	0.72	0.66	0.71	0.65	0.67	0.70	0.76
Mean	0.65	0.65	0.66	0.64	0.61	0.62	0.65	0.68
Std. error	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03
Variance	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	Iap/Iml							
	Metacarpia				Metatarsià			
	distal		proximal		distal		proximal	
	Cabra	ovella	Cabra	ovella	Cabra	ovella	Cabra	ovella
N	1	6	1	11	6	7	10	4
Min	3.09	2.89	1.84	1.90	1.96	2.08	0.74	0.79
Max	3.09	4.11	1.84	2.71	3.34	2.97	1.34	1.10
Mean	3.09	3.41	1.84	2.25	2.43	2.56	0.94	0.98
Std. error	0.00	0.21	0.00	0.07	0.20	0.11	0.05	0.07
Variance	0.00	0.25	0.00	0.06	0.23	0.08	0.03	0.02

# ANNEX V. MORFOMETRIA GEOMETRICA

M2MD

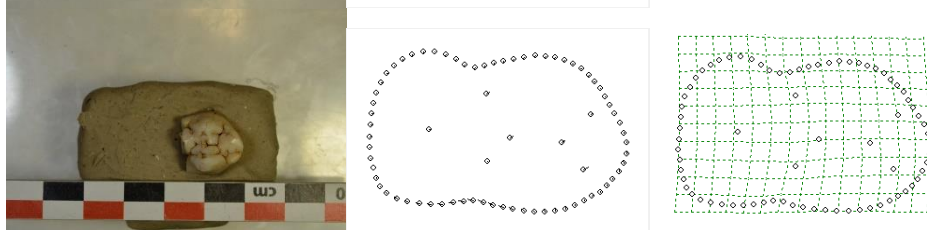
HGM002



HGM018



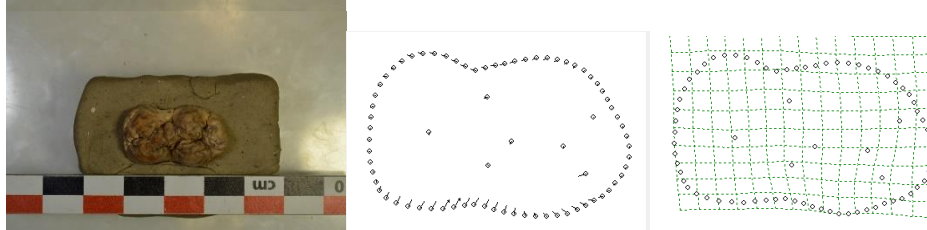
HGM020



HGM074



HGM075



HGM156

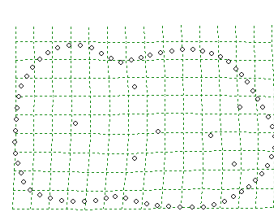
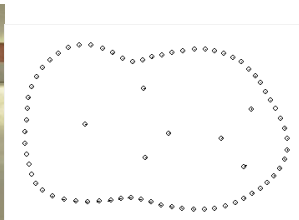


HGM198

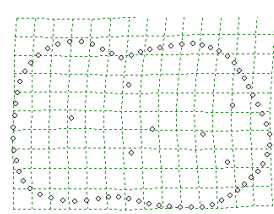
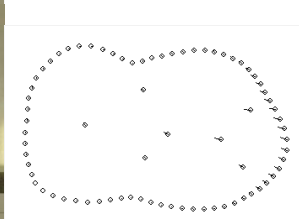




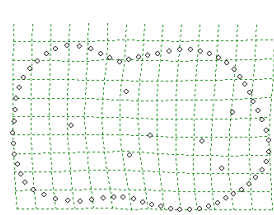
HGM215



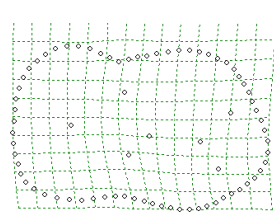
HGM282



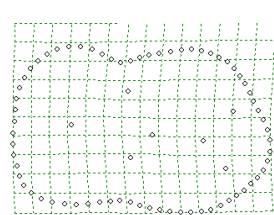
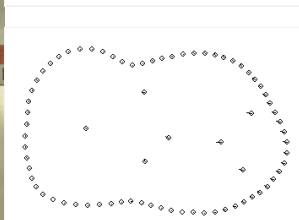
HGM288



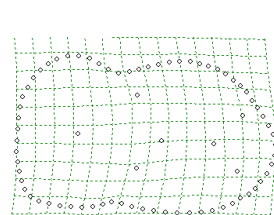
HGM294



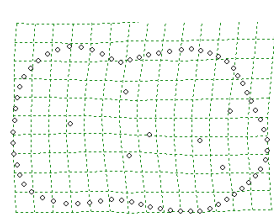
HGM301



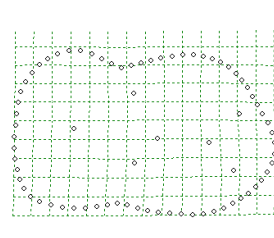
HGM341



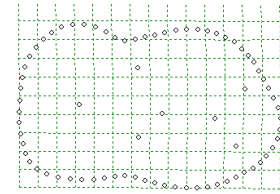
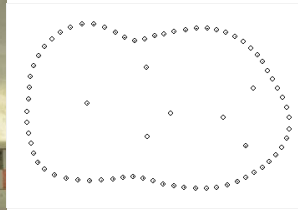
HGM360



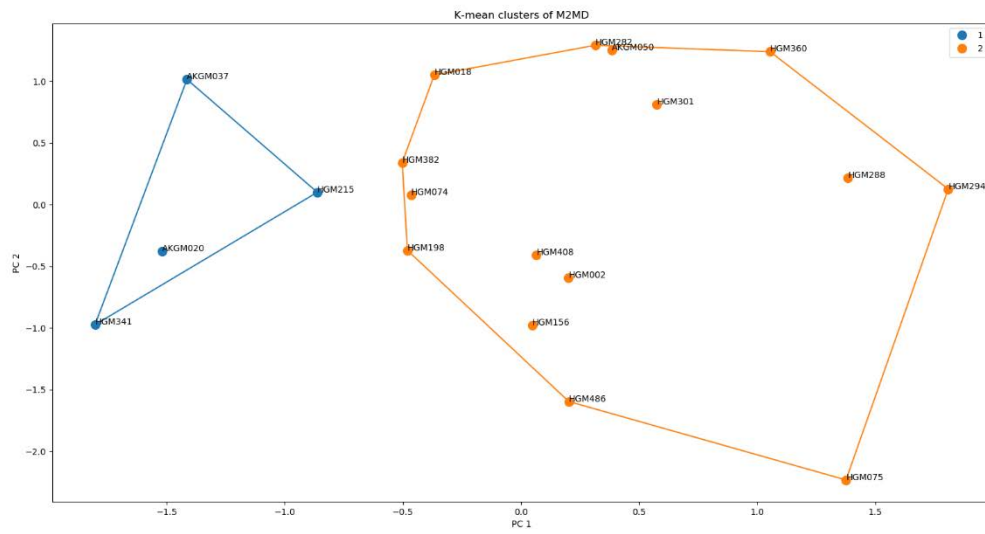
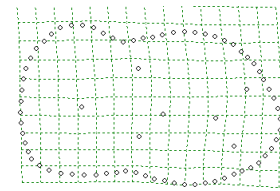
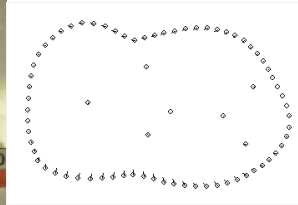
HGM382



HGM408

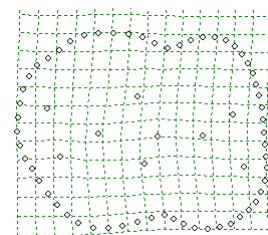
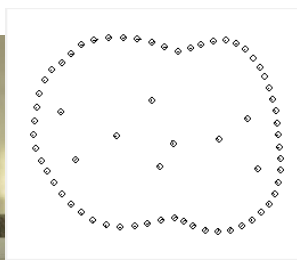


HGM486

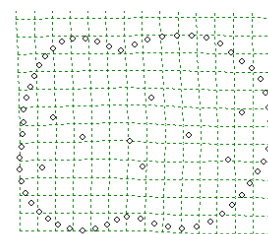
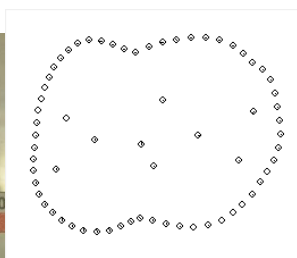



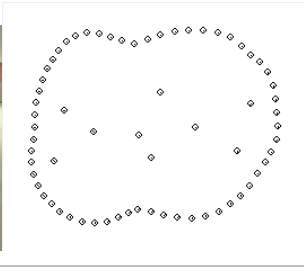
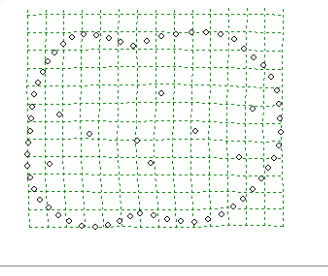

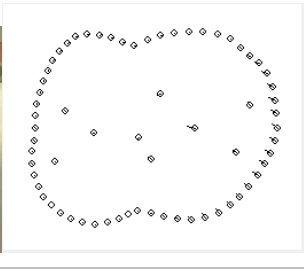
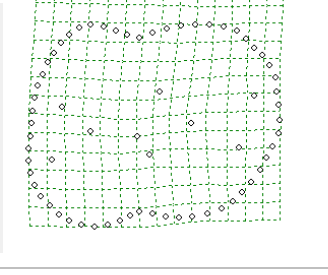

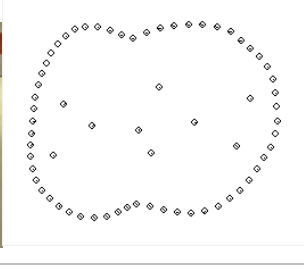
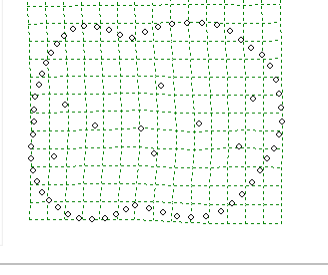

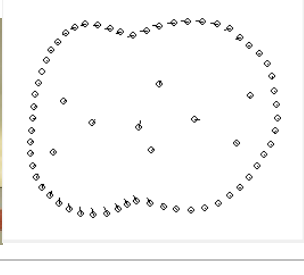
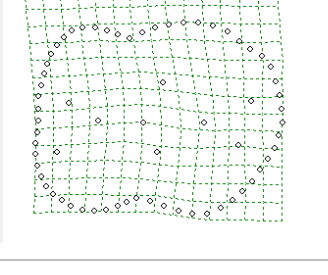

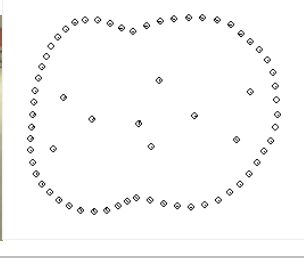
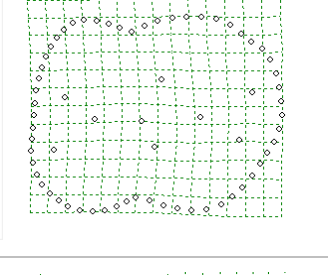

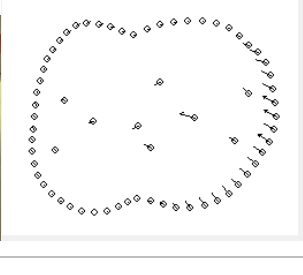
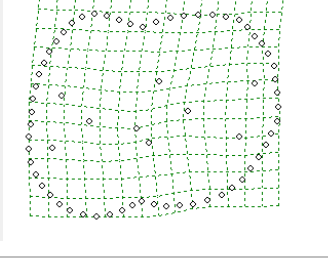
M2MX


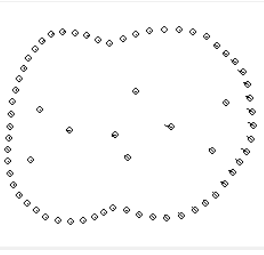
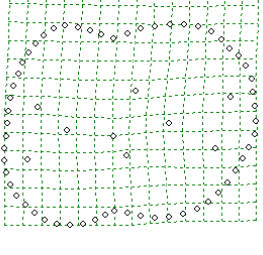

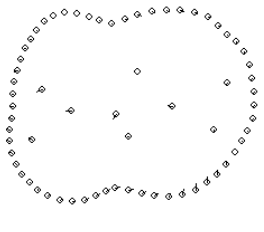
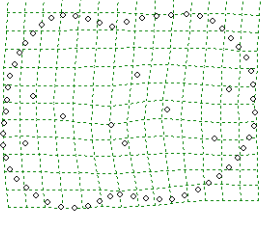

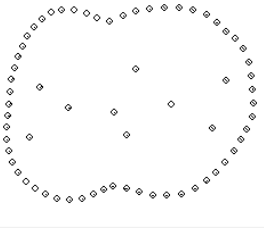
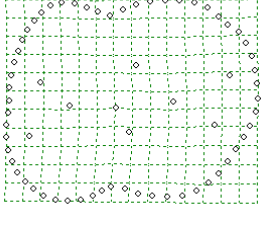

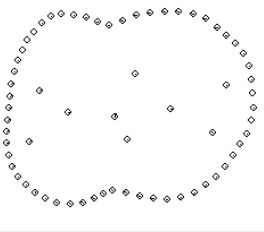
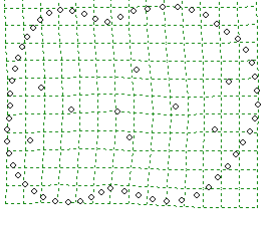

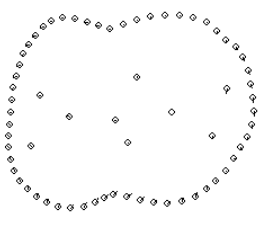
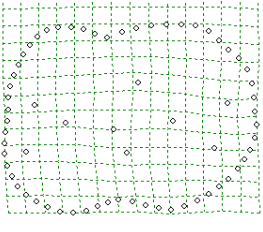

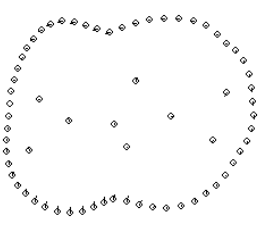
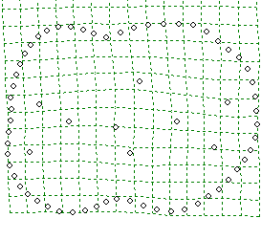
HGM012



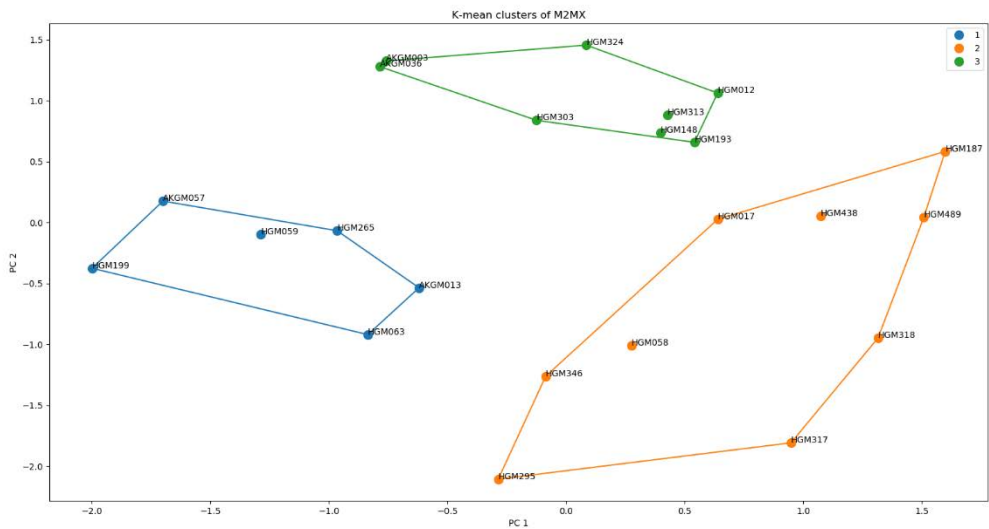
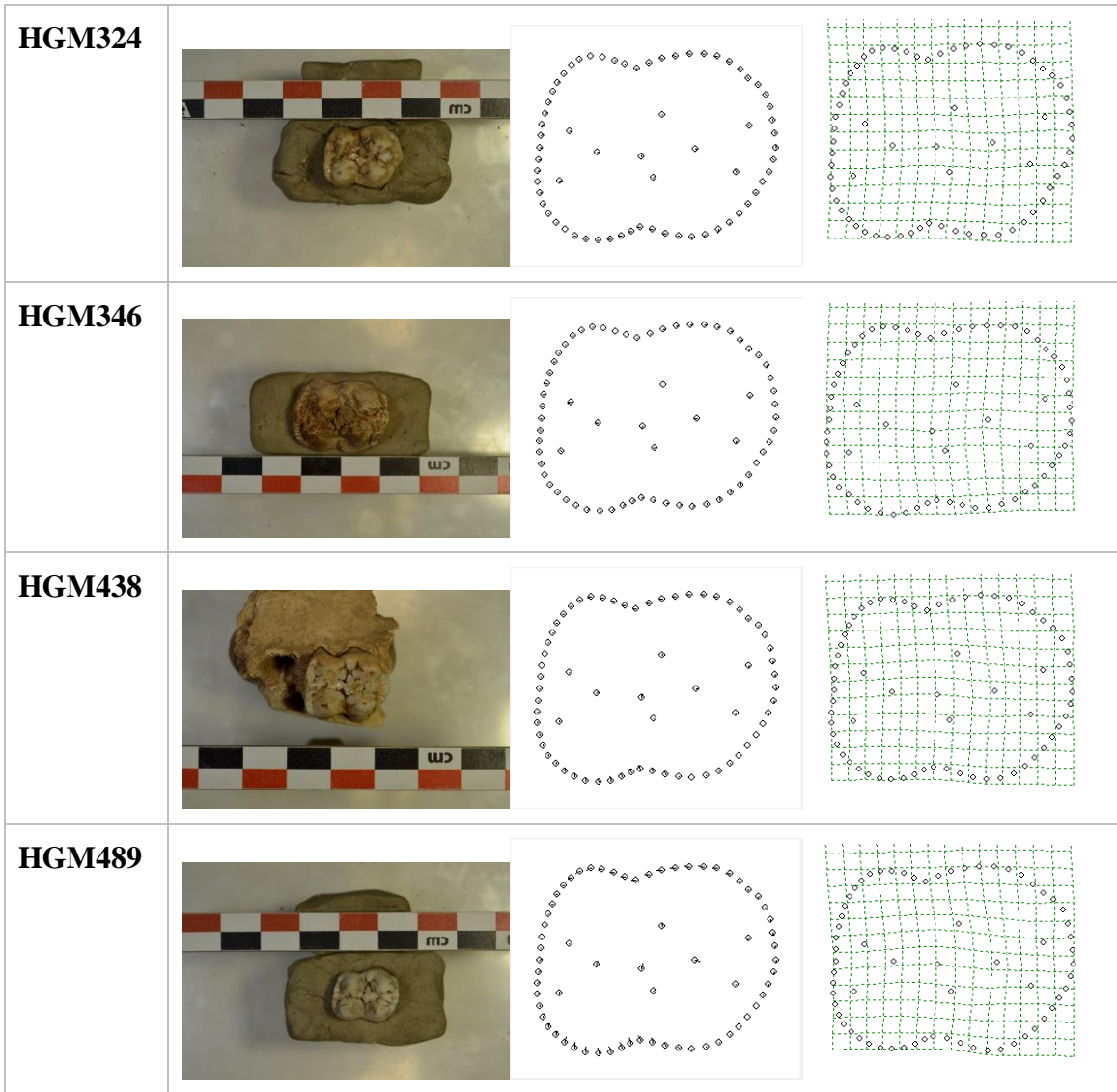
HGM017




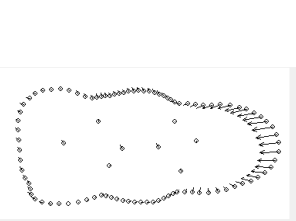
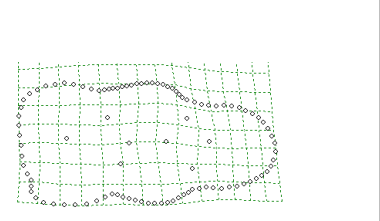


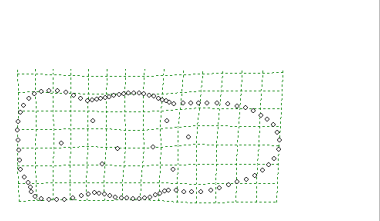

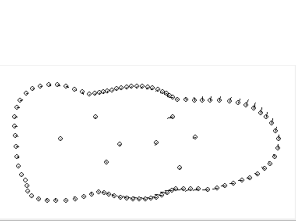
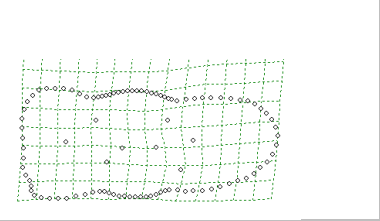

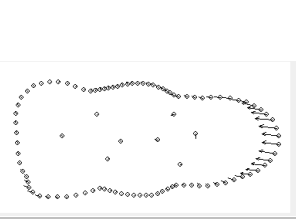
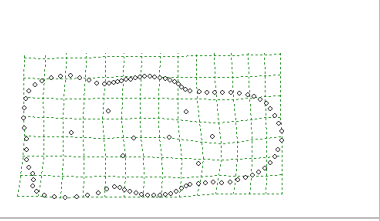

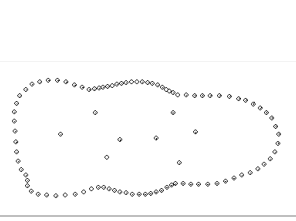
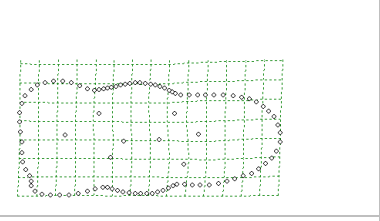

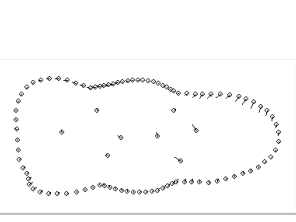
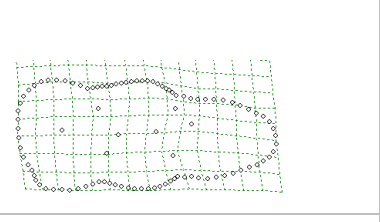

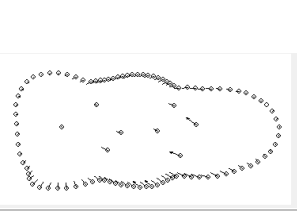
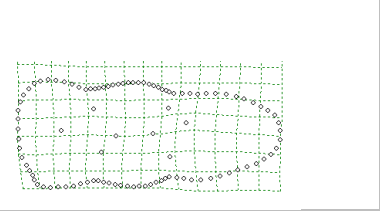
<b>HGM058</b>			
<b>HGM059</b>			
<b>HGM148</b>			
<b>HGM187</b>			
<b>HGM193</b>			
<b>HGM199</b>			

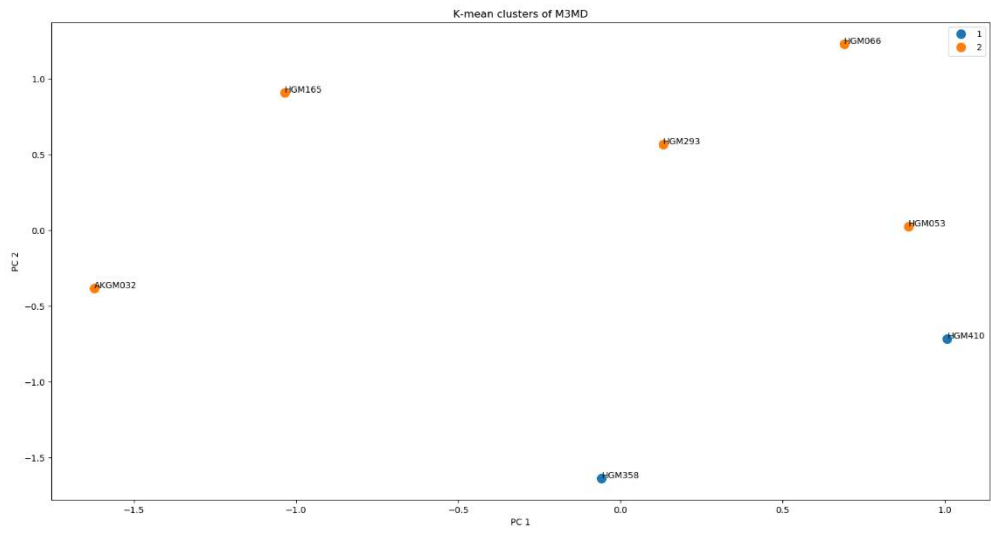
<b>HGM265</b>			
<b>HGM295</b>			
<b>HGM303</b>			
<b>HGM313</b>			
<b>HGM317</b>			
<b>HGM318</b>			







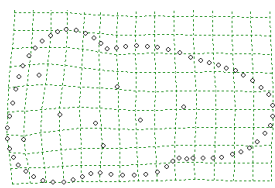

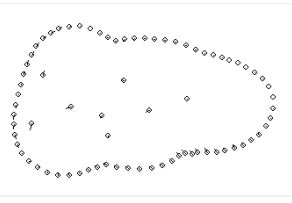
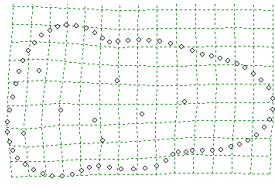

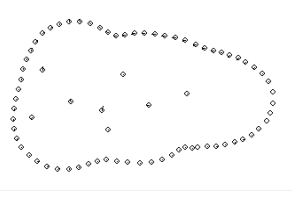
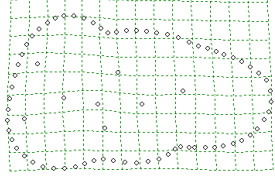
M3MD

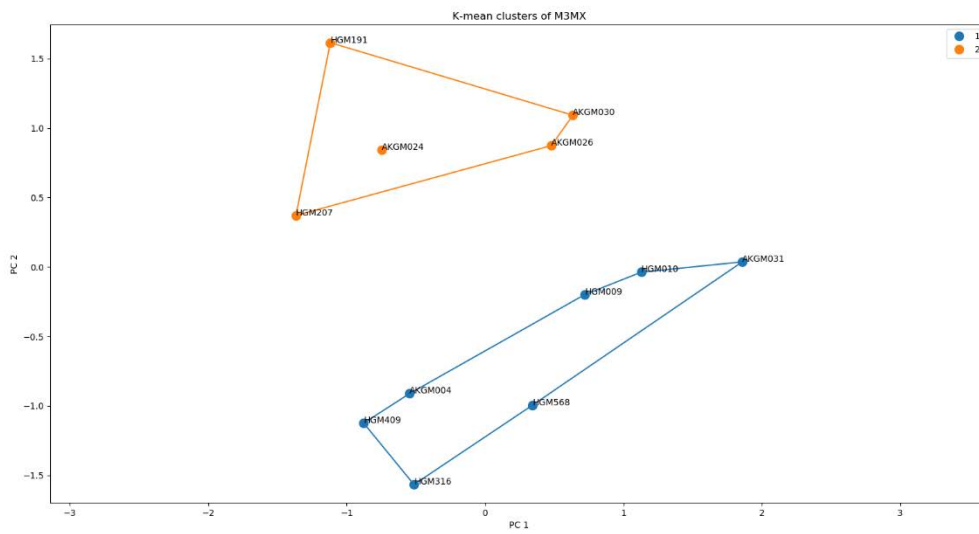
<b>AKGM032</b>			
<b>HGM053</b>			
<b>HGM066</b>			
<b>HGM165</b>			
<b>HGM293</b>			
<b>HGM358</b>			
<b>HGM410</b>			



M3MX
















<b>HGM009</b>			
<b>HGM010</b>			
<b>HGM191</b>			
<b>HGM207</b>			










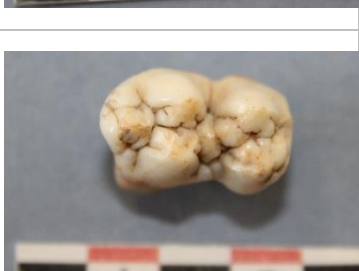
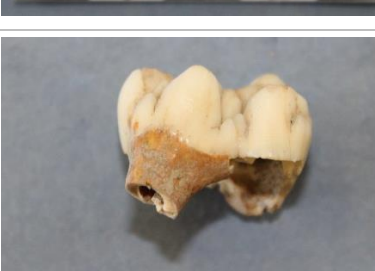

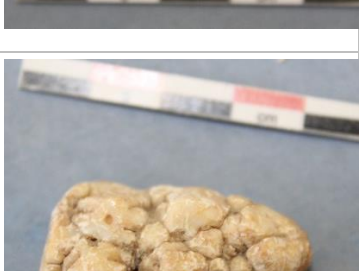


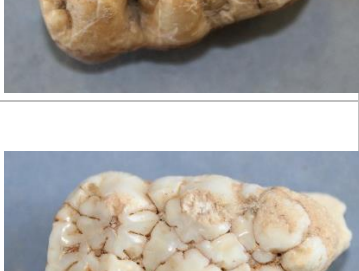


<b>HGM316</b>			
<b>HGM409</b>			
<b>HGM568</b>			



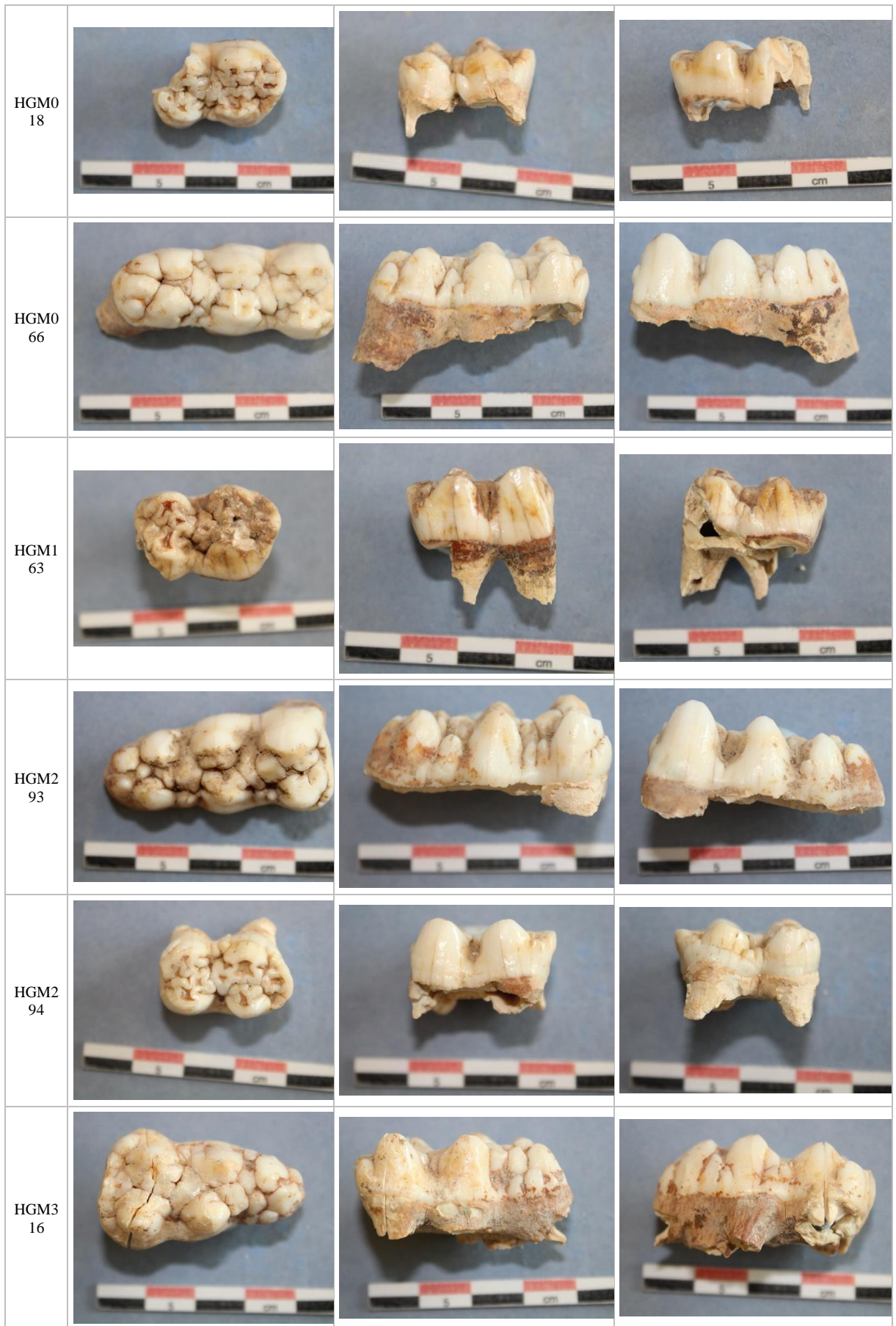











## ANNEX VI. HIPOPLASIA DENTAL

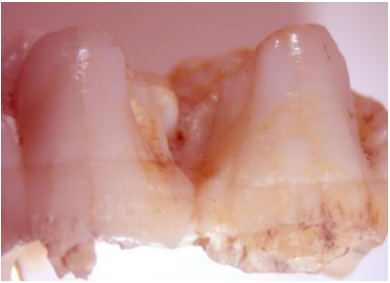
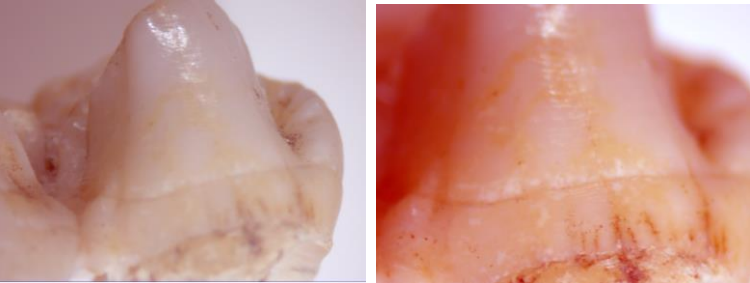
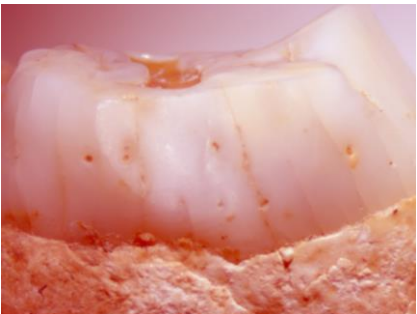
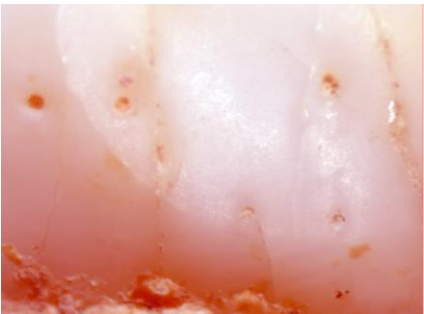
Codi	Vista 1	Vista 2	Vista 3
HGM0 09			
HGM0 18			
HGM0 66			
HGM1 63			
HGM2 93			

HGM2 94			
HGM3 16			
HGM3 82			
HGM4 86			
HGM5 68			
HGM0 09			

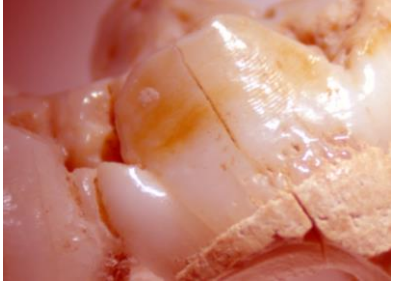




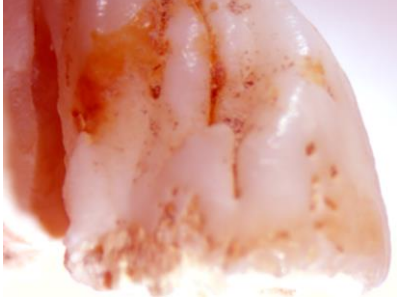




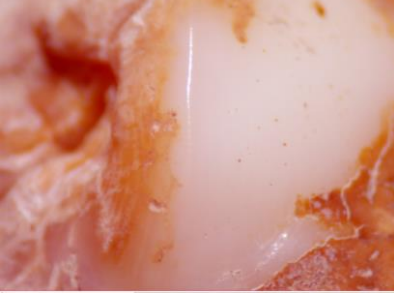
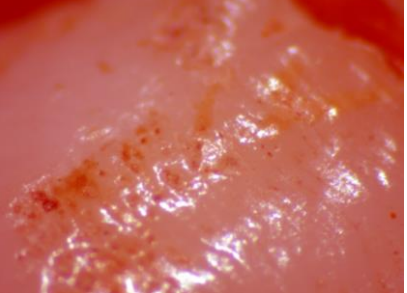

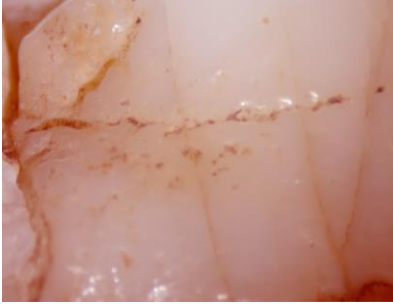
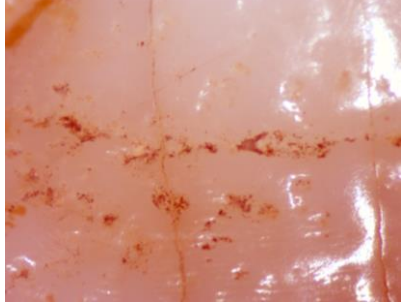




HGM3 82			
HGM4 86			
HGM5 68			

Codi	Details	
HGM005		
HGM008		

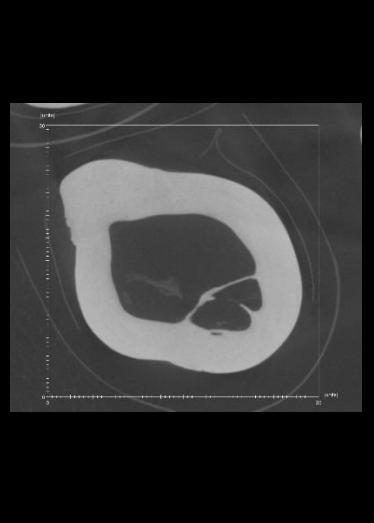
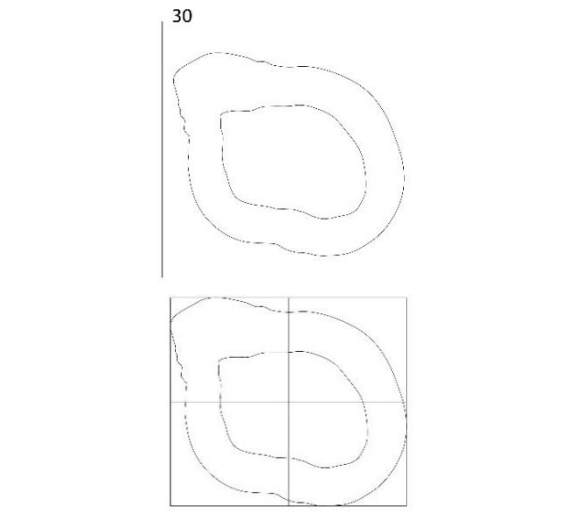

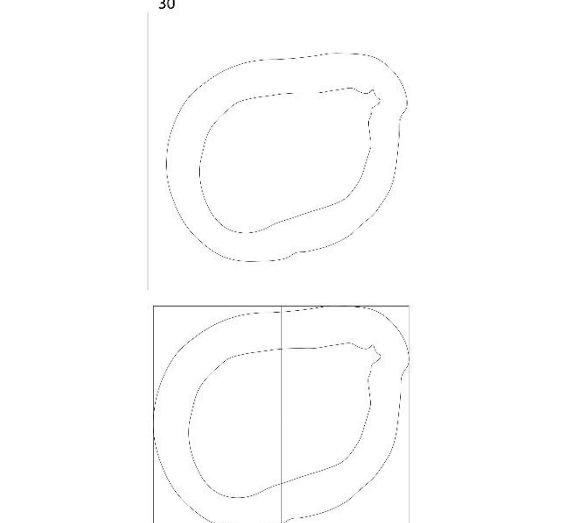
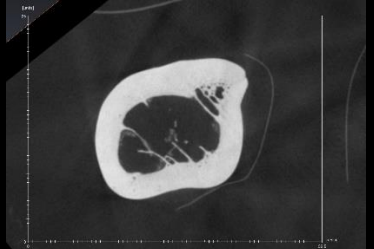
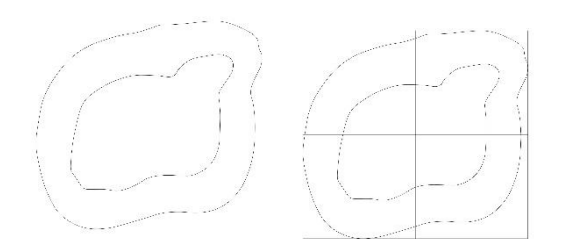
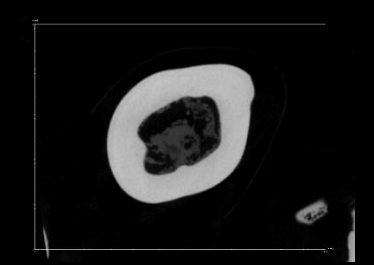
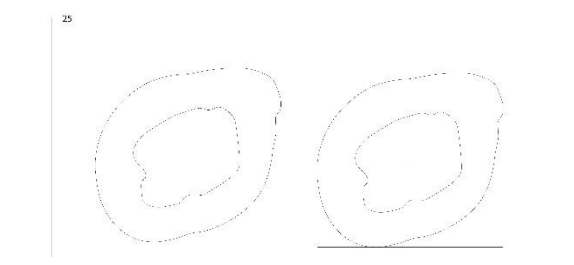


HGM018			
HGM033			
HGM113			
HGM128			
HGM338			

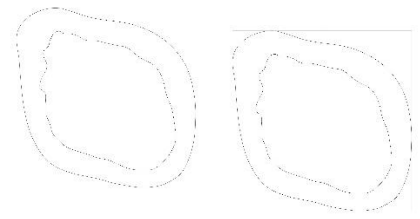
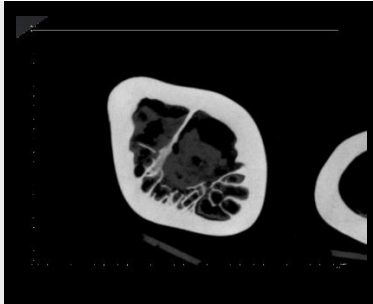
HGM365



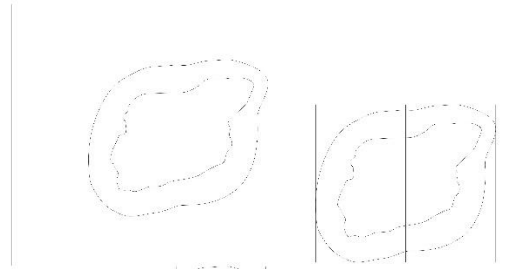
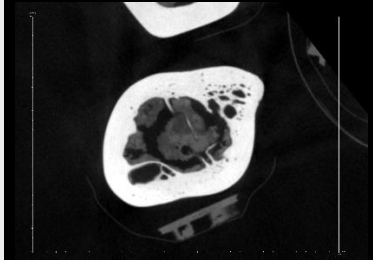
## ANNEX VII. POBLACIÓ CAPRA AEGAGRUS DE REFERENCIA

Codi	RAW	Línies perfil
Chicago wilds scan 1 2.1		<p>30</p> 
Chicago wilds scan 1 G.1		<p>30</p> 
Chicago wilds scan 1 L		
Chicago wilds scan 2 HU1		<p>25</p> 

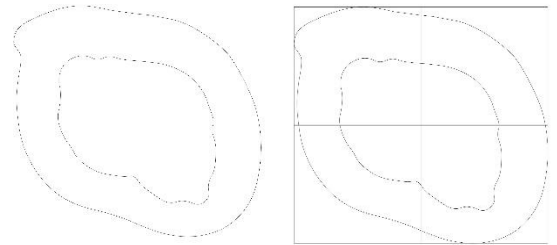
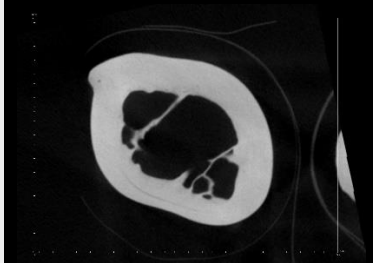
Chicago wilds scan 2 HU2



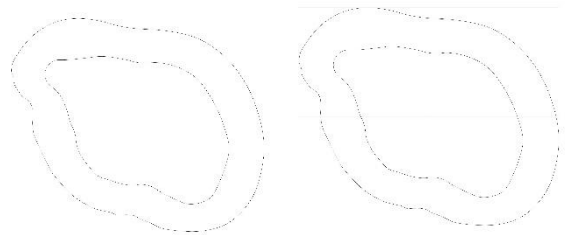
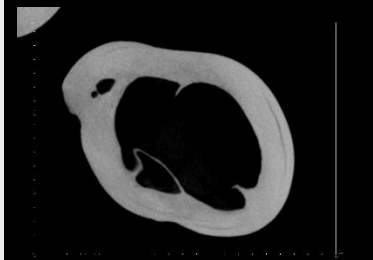
Chicago wilds scan 2 HU3



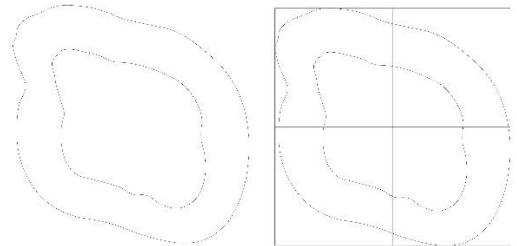
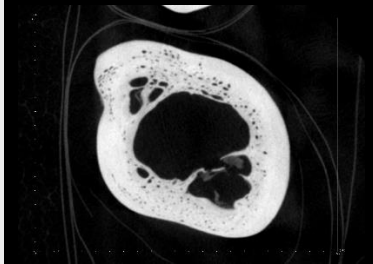
Chicago wilds scan 3 HU1



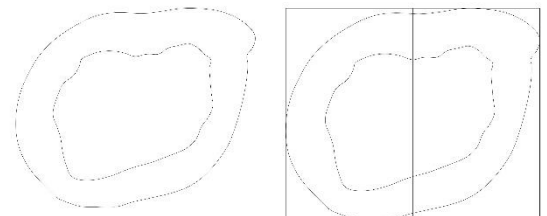
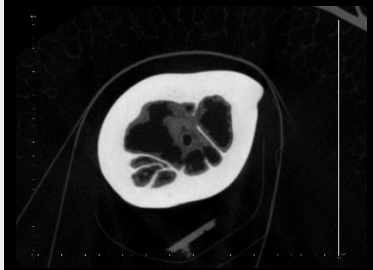
Chicago wilds scan 3 HU2



Chicago wilds scan 3 HU3

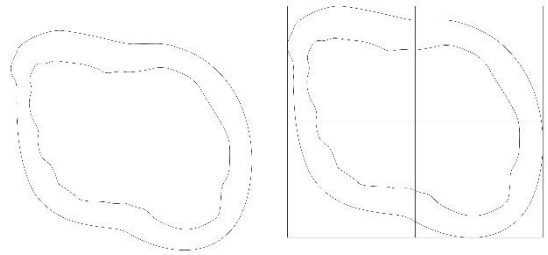
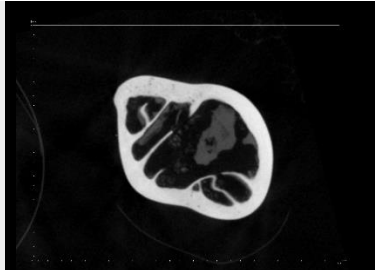


Chicago wilds scan 4 HU1

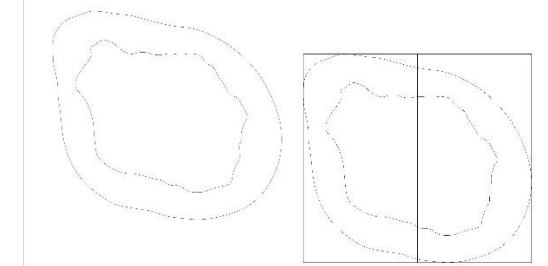
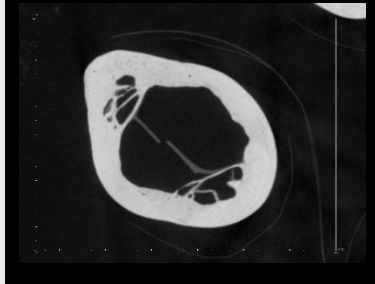




Chicago wilds scan 4 HU2



Chicago wilds scan 4 HU3

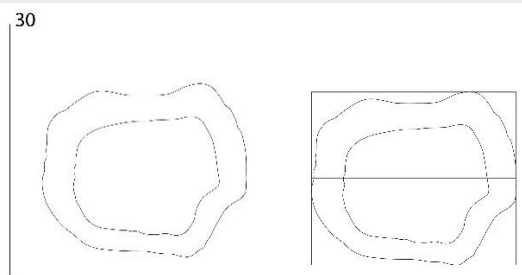
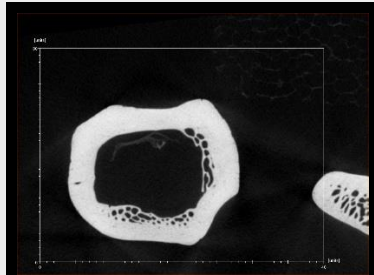


Codi

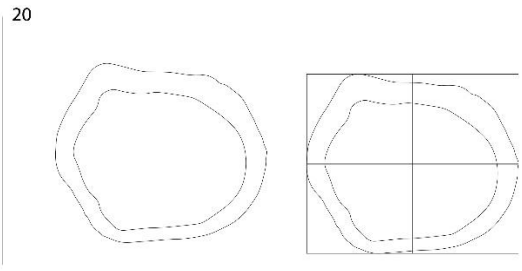
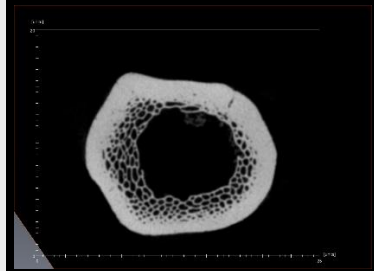
RAW

Línies perfil

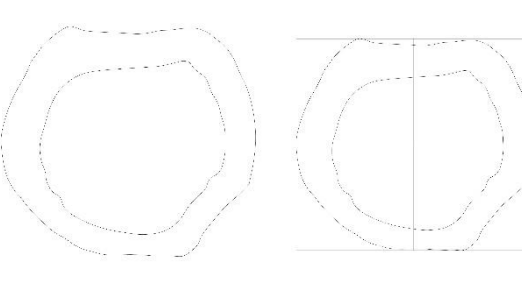
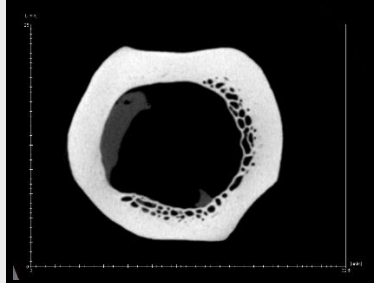
Chicago wilds scan 1 4.1



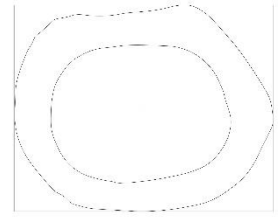
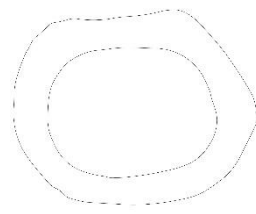
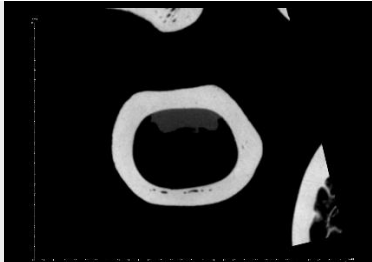
Chicago wilds scan 1 F.1



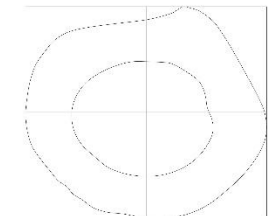
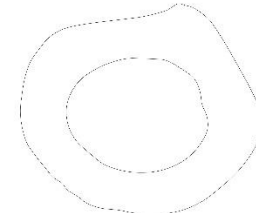
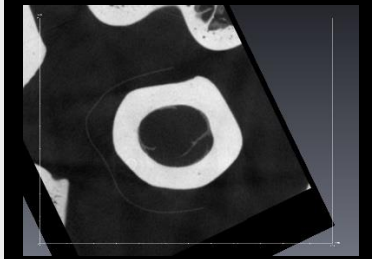
Chicago wilds scan 1 R



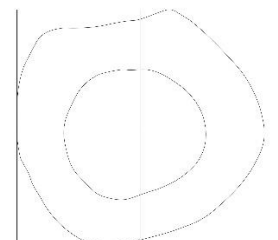
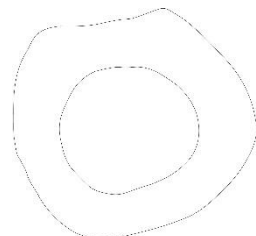
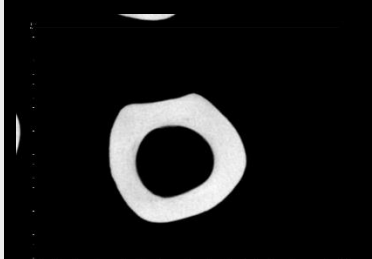
Chicago wilds scan 2 TI1



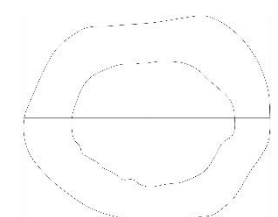
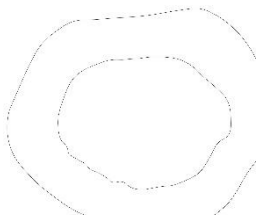
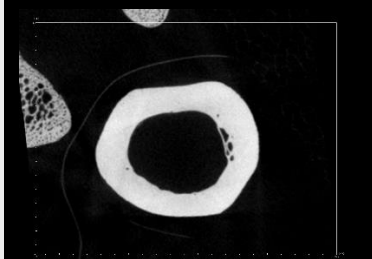
Chicago wilds scan 2 TI2



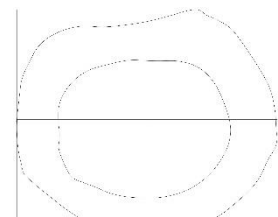
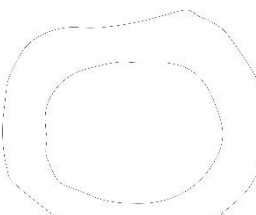
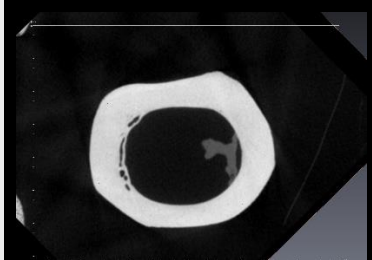
Chicago wilds scan 2 TI3



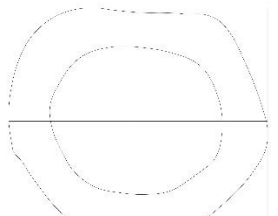
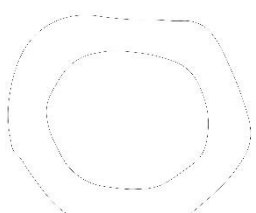
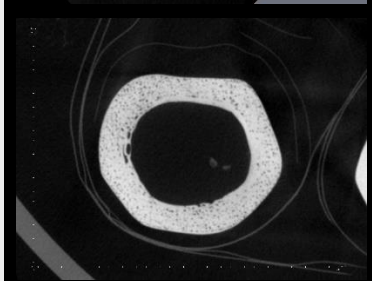
Chicago wilds scan 3 TI1



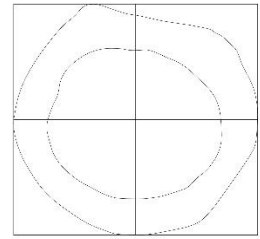
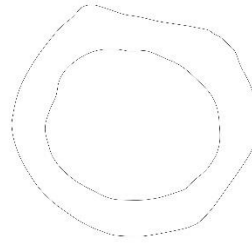
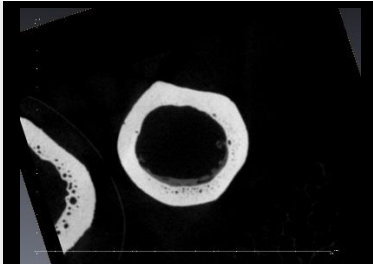
Chicago wilds scan 3 TI2



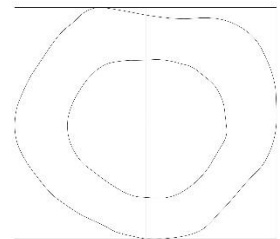
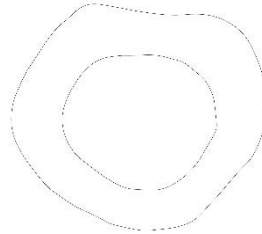
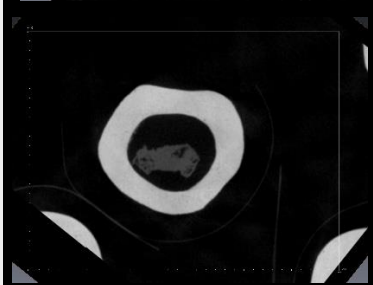
Chicago wilds scan 3 TI3



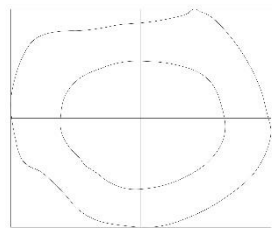
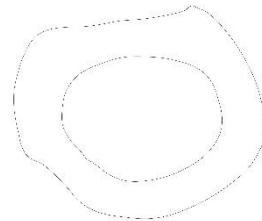
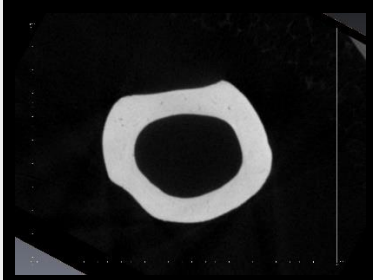
Chicago wilds scan 4 T11




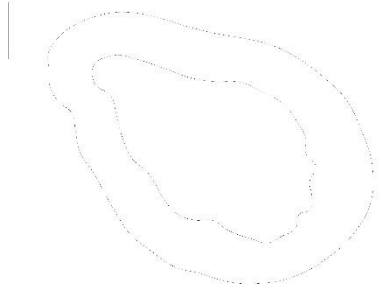
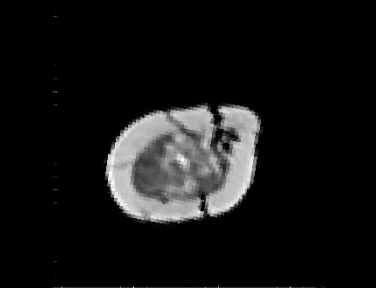
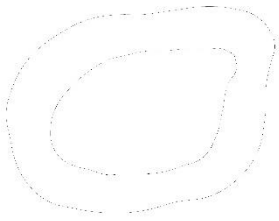
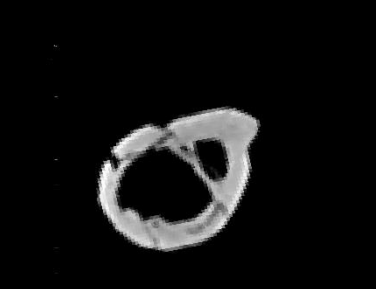
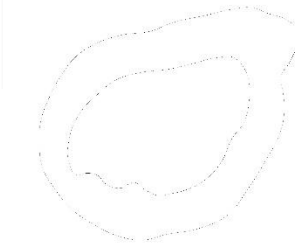

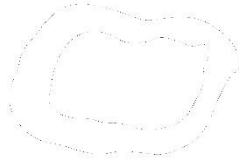
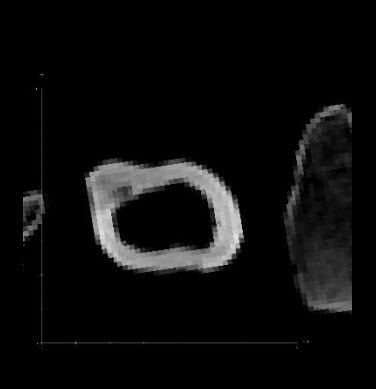
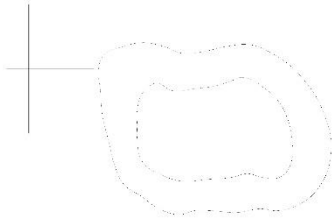
Chicago wilds scan 4 T12



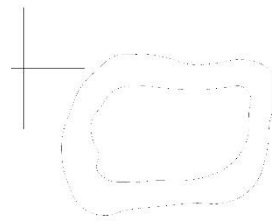
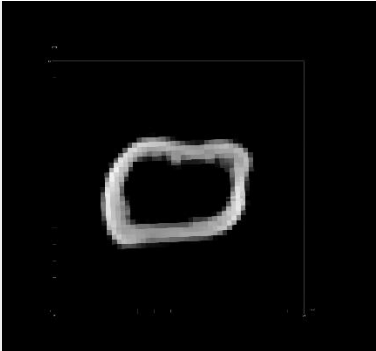
Chicago wilds scan 4 T13



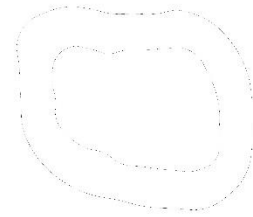
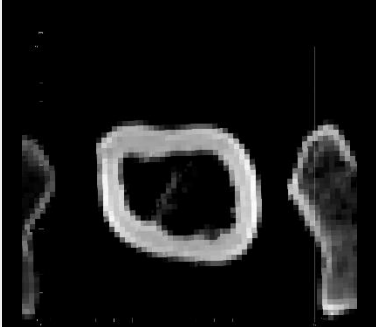
# ANNEX VIII. HUMER

Codi	RAW	Línies perfil
Halula Bone 3		
Halula Bone 4		
Halula Bone 6		
Halula Bone 8		
Halula Bone 9		

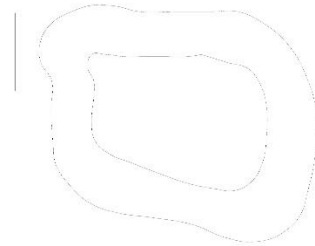
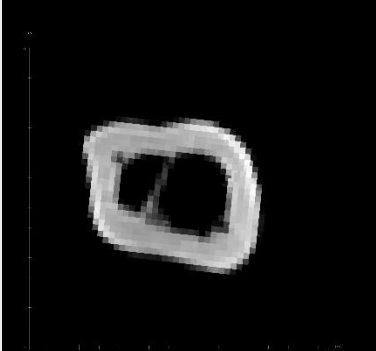
**Halula Bone 10**



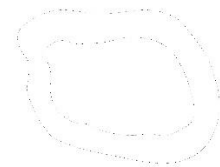
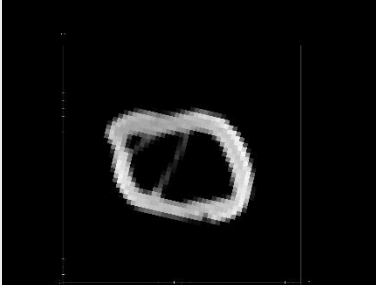
**Halula Bone 11**



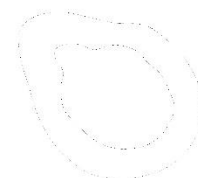
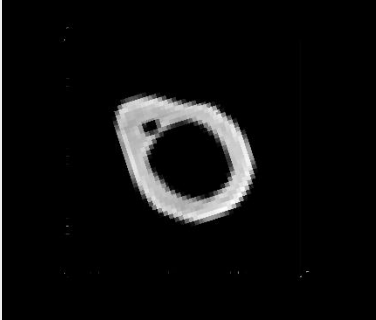
**Halula Bone 12**



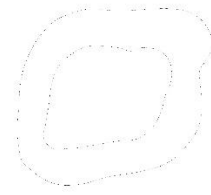
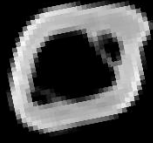
**Halula Bone 13**



**Halula Bone 14**



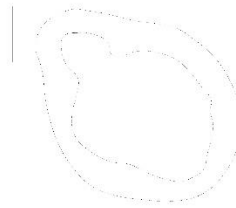
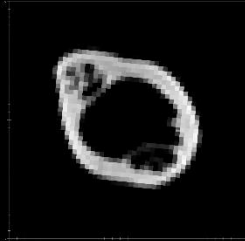
**Halula Bone 15**



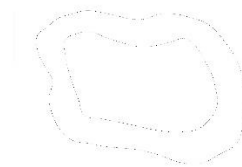
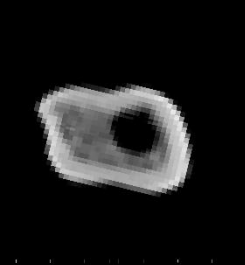
**Halula Bone 17**



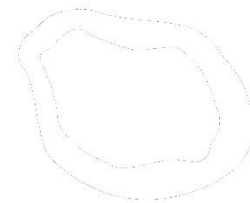
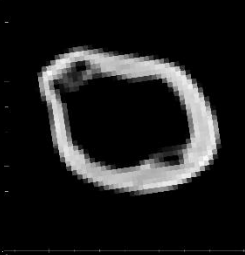
**Halula Bone 18**



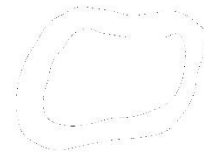
**Halula Bone 19**



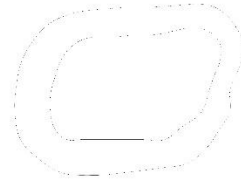
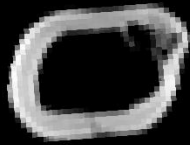
**Halula Bone 20**



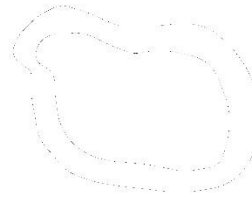
**Halula Bone 21**



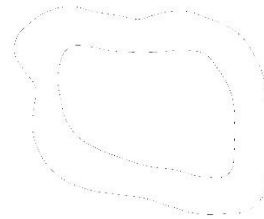
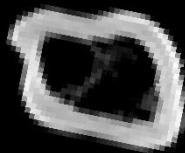
**Halula Bone 22**



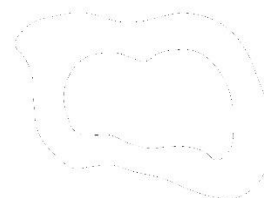
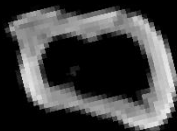
**Halula Bone 23**



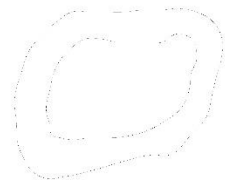
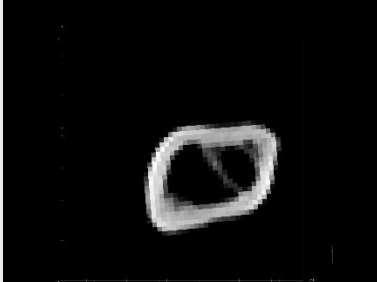
**Halula Bone 24**



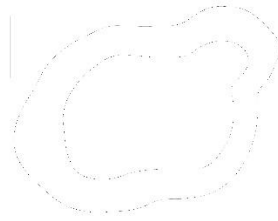
**Halula Bone 25**



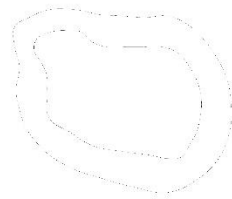
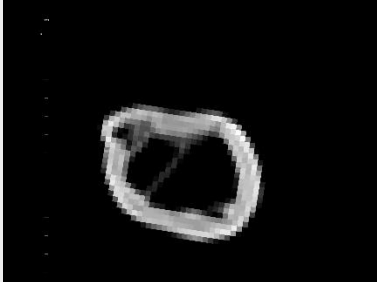
**Halula Bone 26**



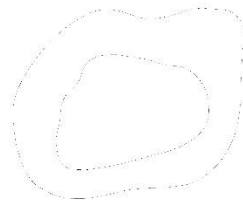
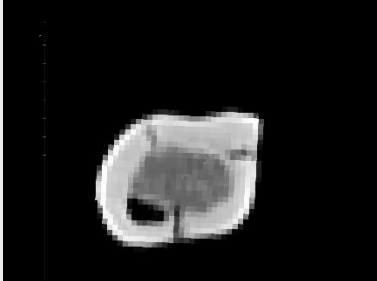
**Halula Bone 27**



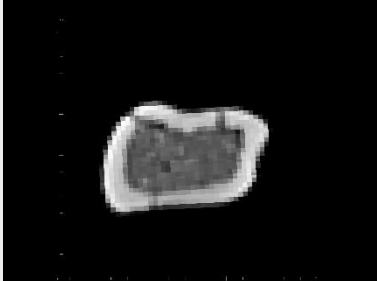
**Halula Bone 28**



**Halula Bone 29**

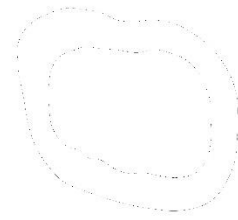


**Halula Bone 30**

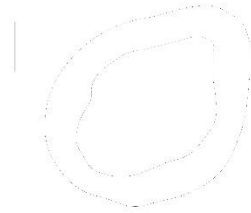




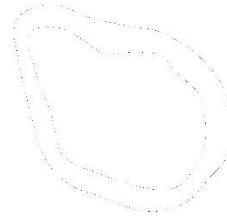
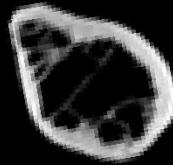
**Halula Bone 32**



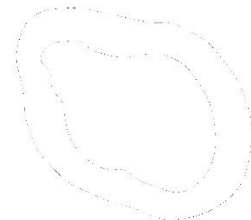
**Halula Bone 33**



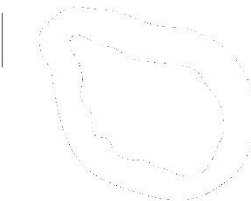
**Halula Bone 34**



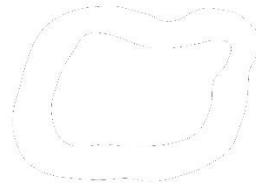
**Halula Bone 35**



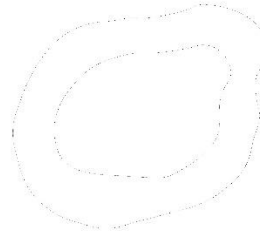
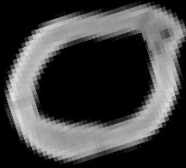
**Halula Bone 36**



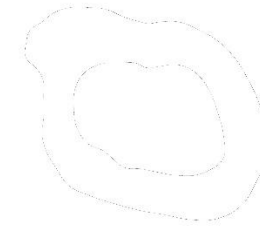
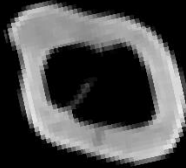
**Halula Bone 37**



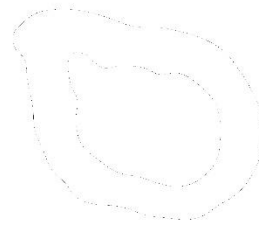
**Halula Bone 38**



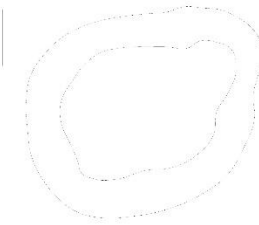
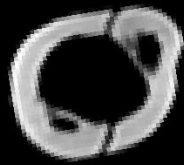
**Halula Bone 39**



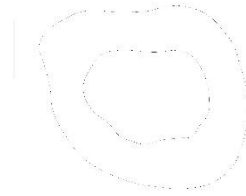
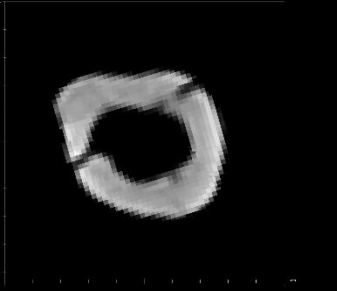
**Halula Bone 40**



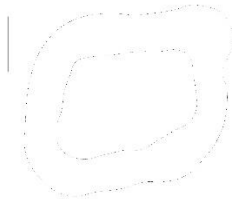
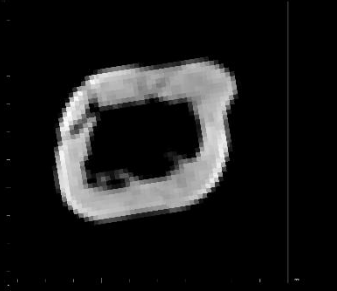
**Halula Bone 42**



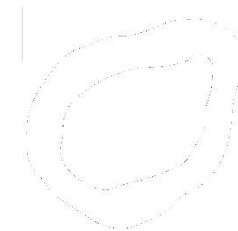
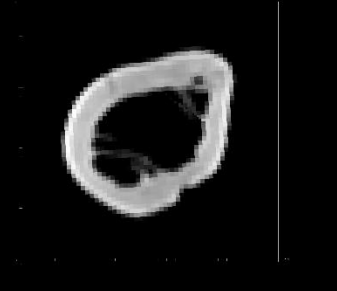
**Halula Bone 43**



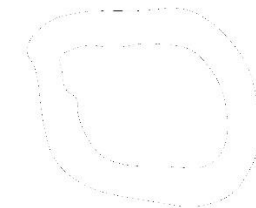
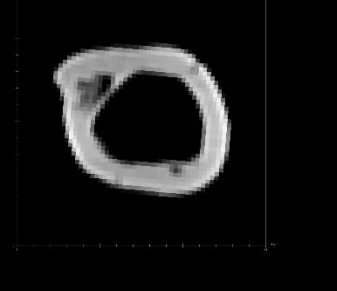
**Halula Bone 44**



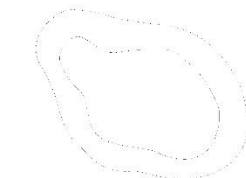
**Halula Bone 45**



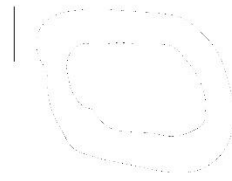
**Halula Bone 46**



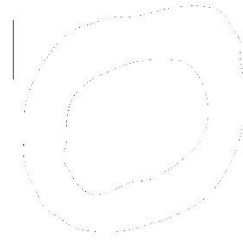
**Halula Bone 47**



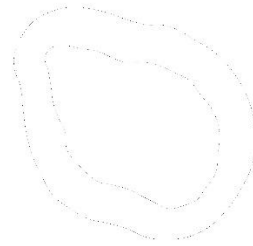
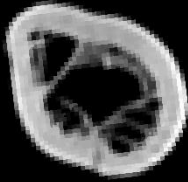
**Halula Bone 50**



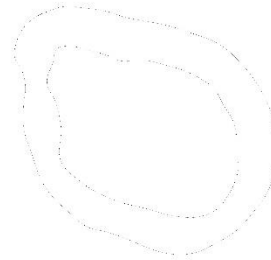
**Halula Bone 51**



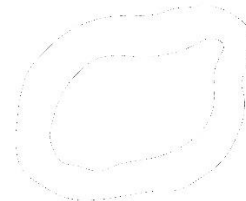
**Halula Bone 52**



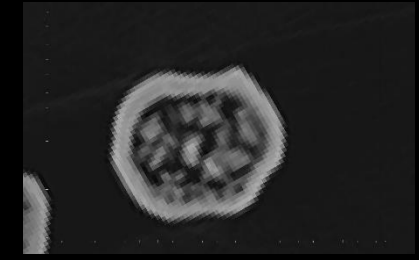
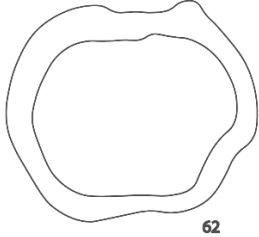
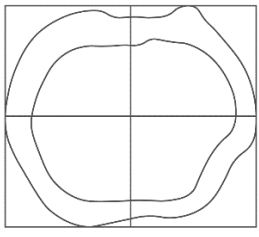
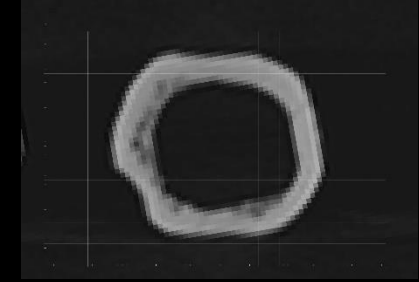
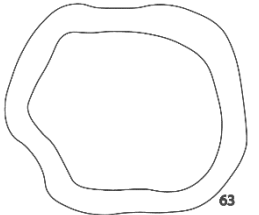
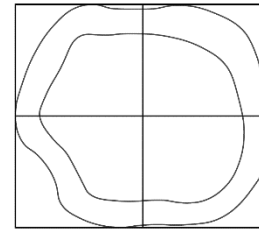
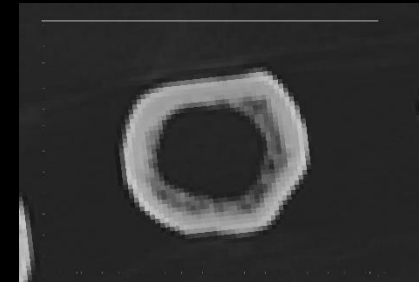
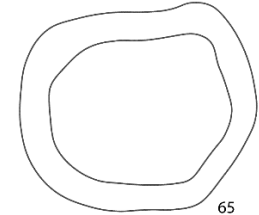
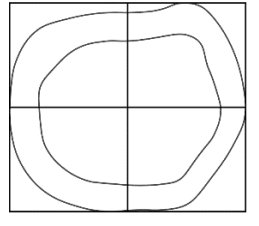
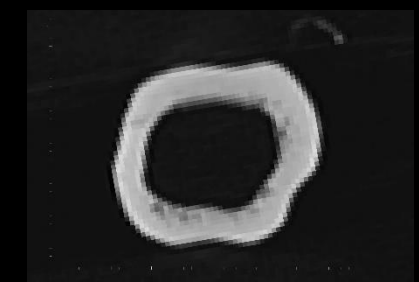
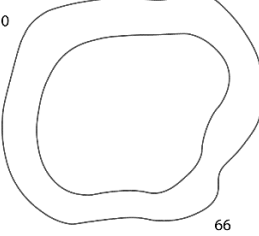
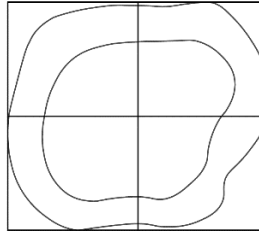
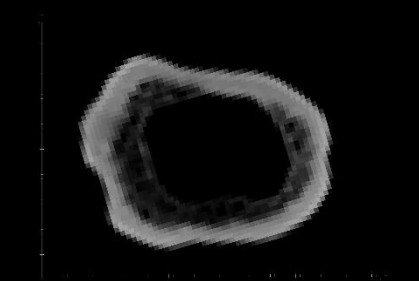
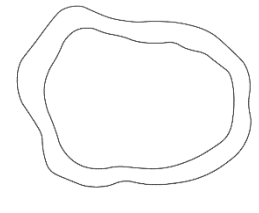
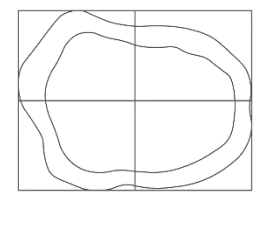
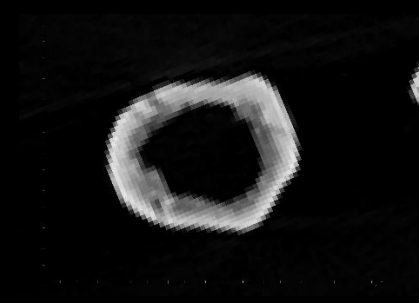
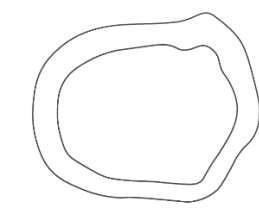
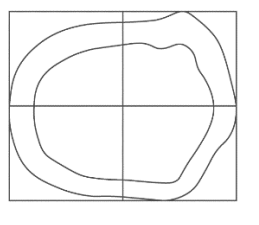
**Halula Bone 54**



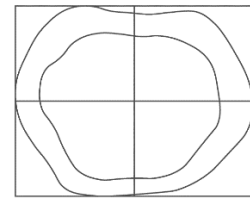
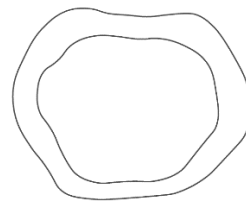
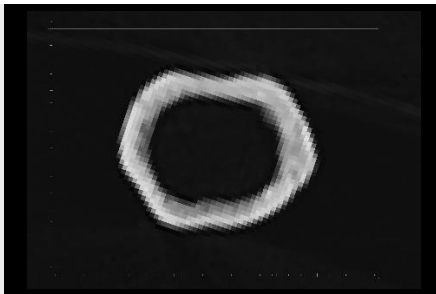
**Halula Bone 55**



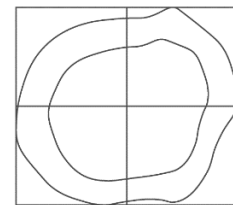
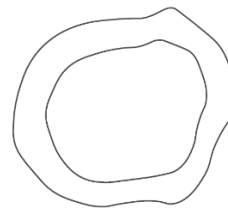
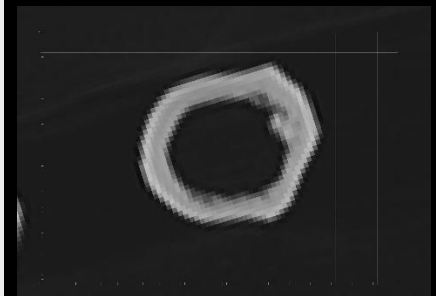
# ANNEX IX. TIBIA

Codi	RAW	Línies perfil	
Halula TI 62		 62	
Halula TI 63		 63	
Halula TI 65		 65	
Halula TI 66		 66	
Halula TI 67			
Halula TI 68			

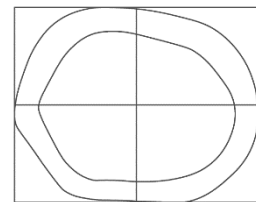
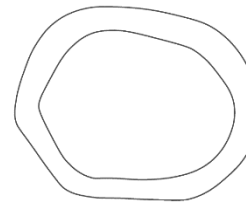
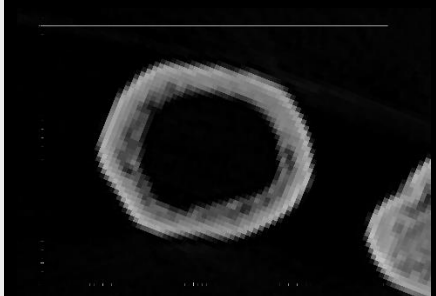
Halula TI 70



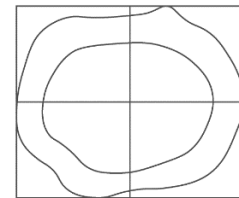
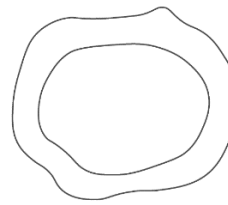
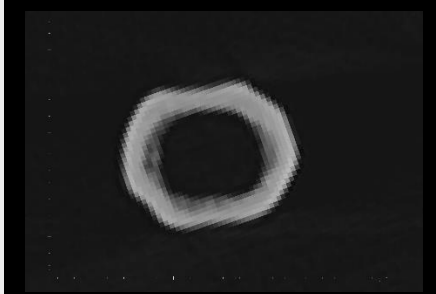
Halula TI 73



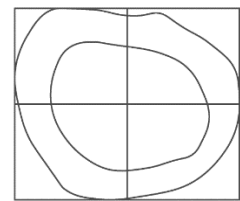
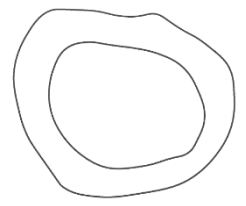
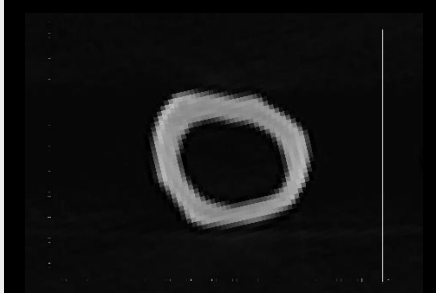
Halula TI 74



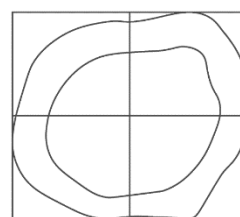
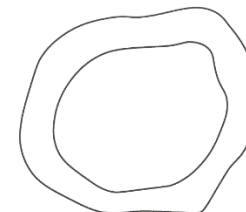
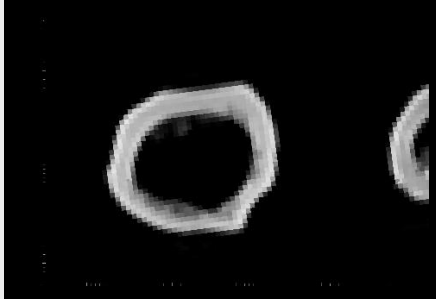
Halula TI 76



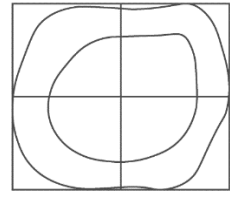
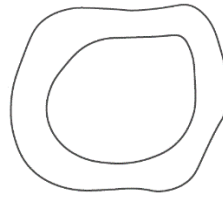
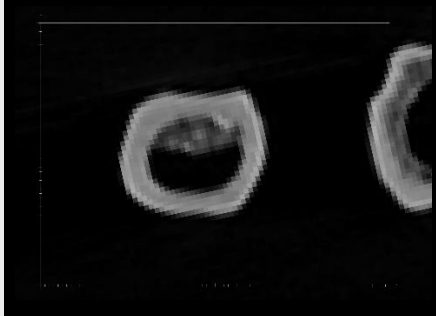
Halula TI 77



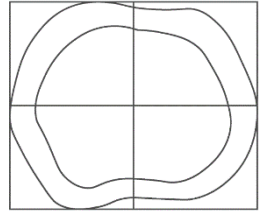
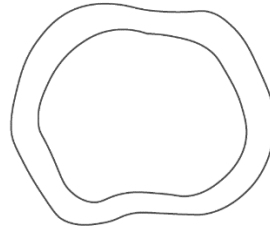
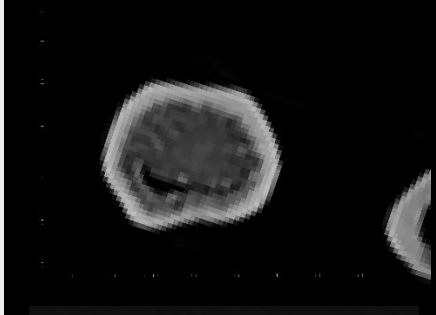
Halula TI 78



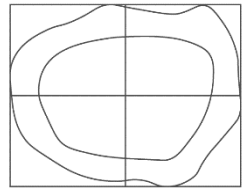
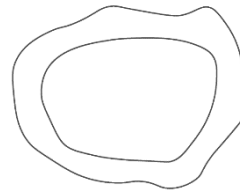
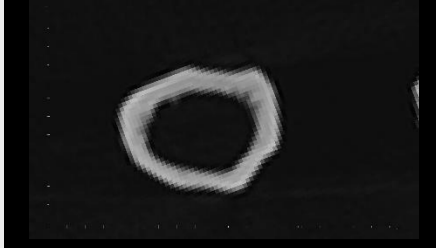
Halula TI 79



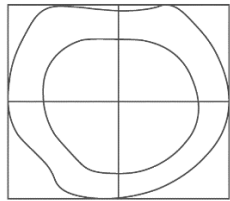
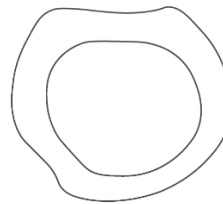
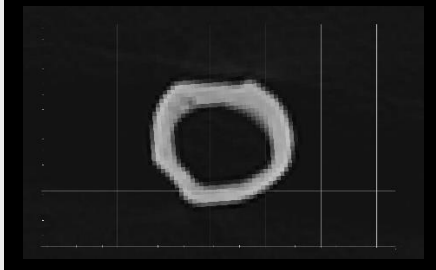
Halula TI 80



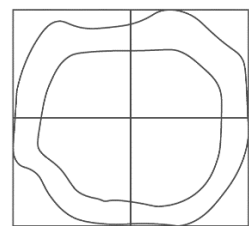
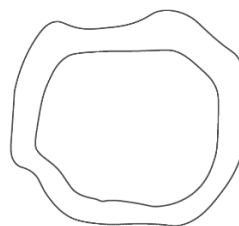
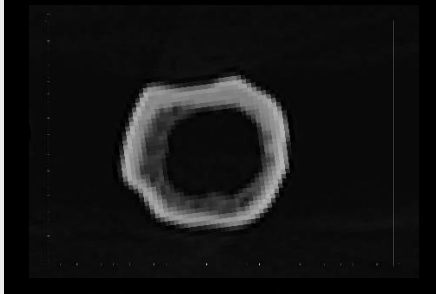
Halula TI 81



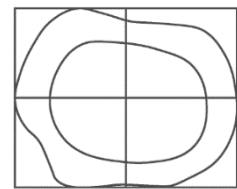
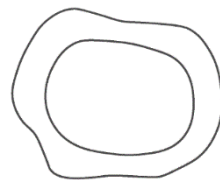
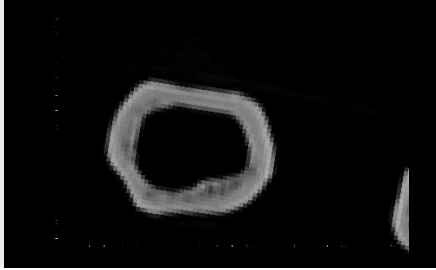
Halula TI 82



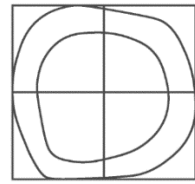
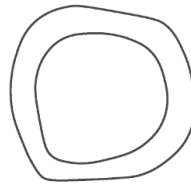
Halula TI 83



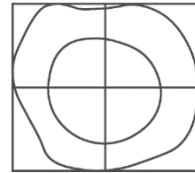
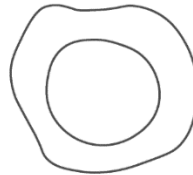
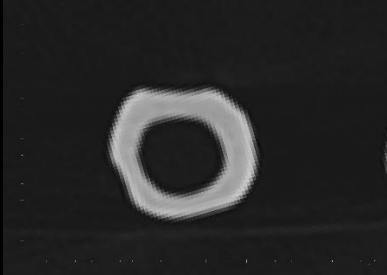
Halula TI 84



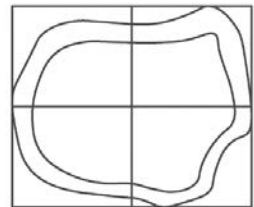
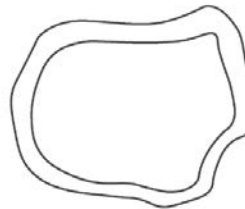
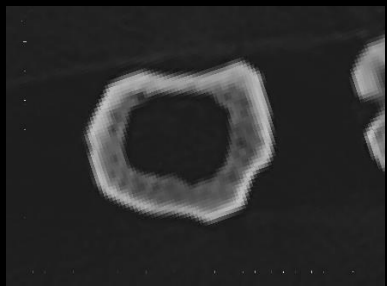
Halula TI 85



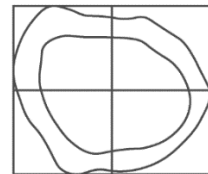
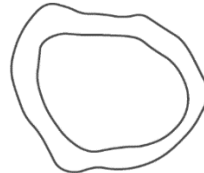
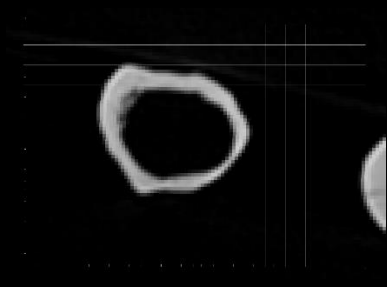
Halula TI 86



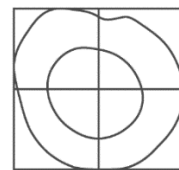
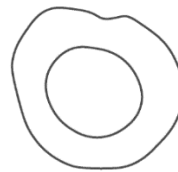
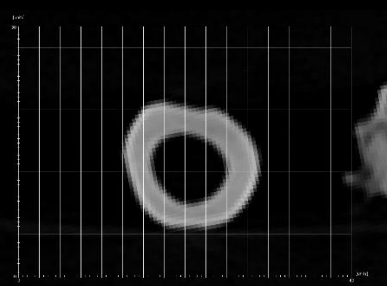
Halula TI 87



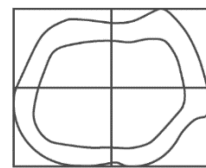
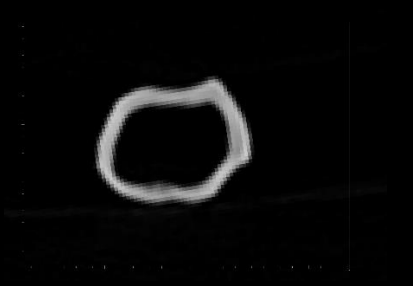
Halula TI 88



Halula TI 89

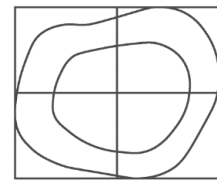
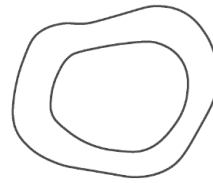
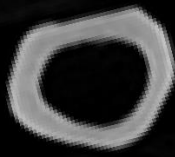


Halula TI 93

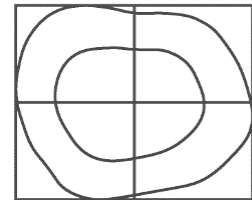
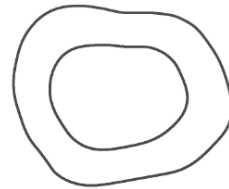
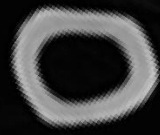




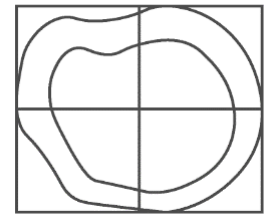
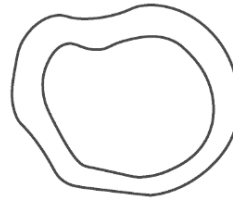
Halula TI 94



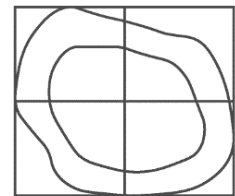
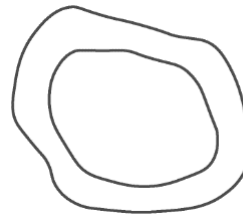
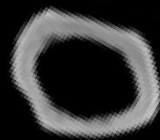
Halula TI 95



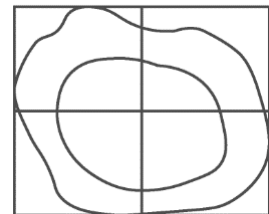
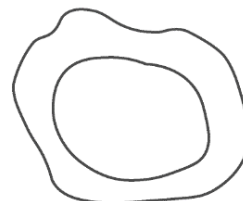
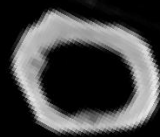
Halula TI 96



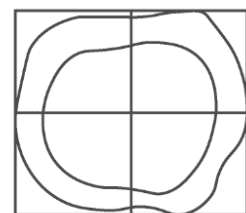
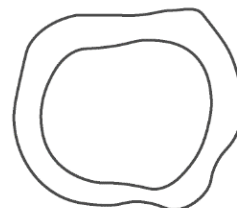
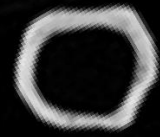
Halula TI 97



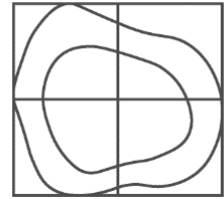
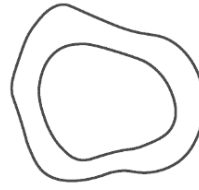
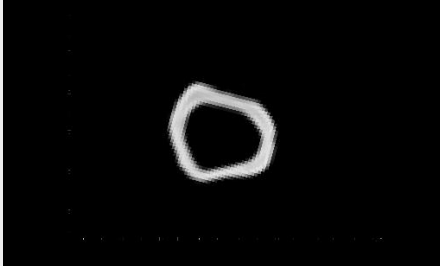
Halula TI 98



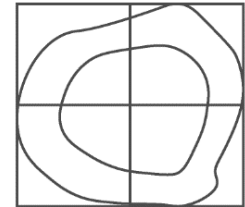
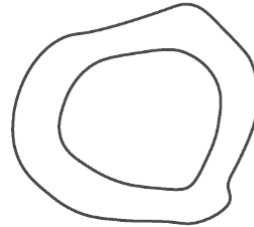
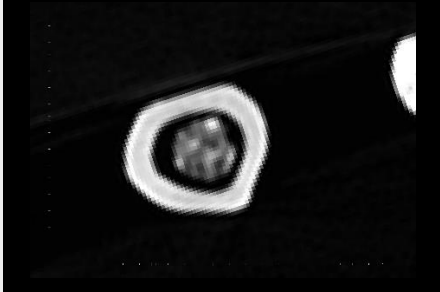
Halula TI 99



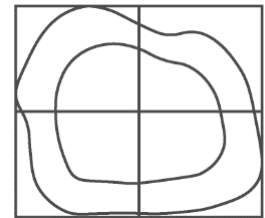
Halula TI 100



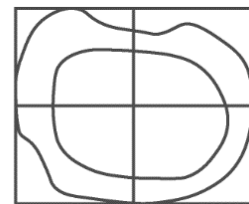
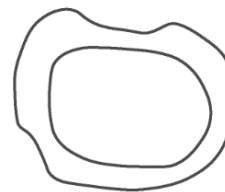
Halula TI 101



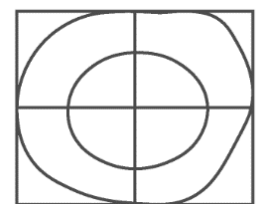
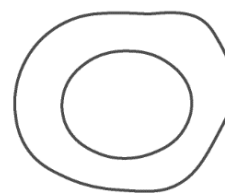
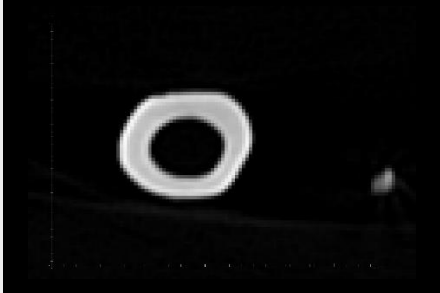
Halula TI 102



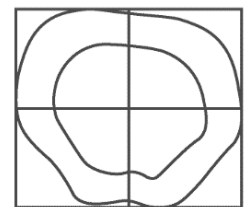
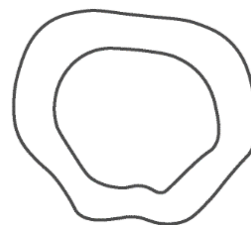
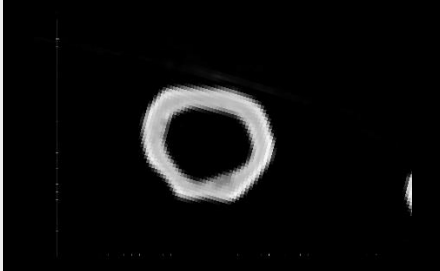
Halula TI 103



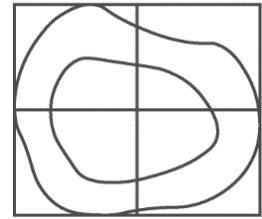
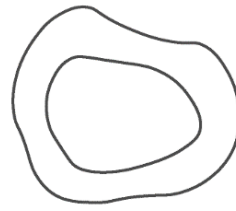
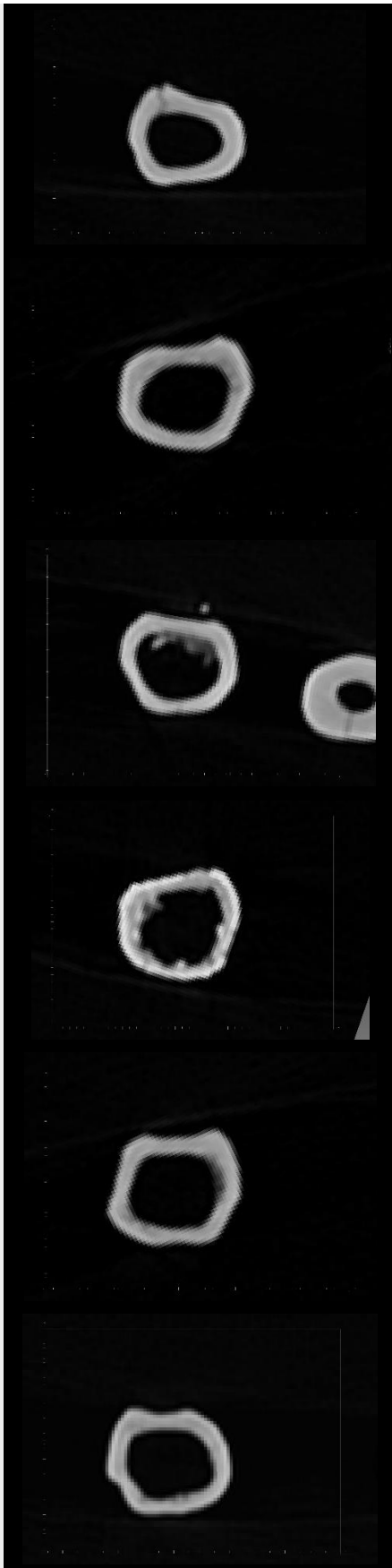
Halula TI 104



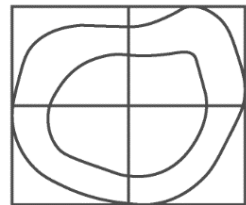
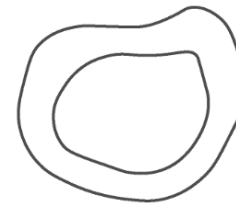
Halula TI 105



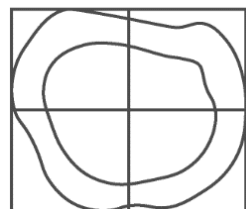
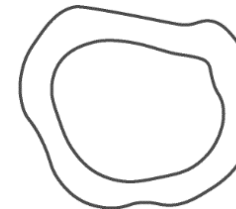
Halula TI 106



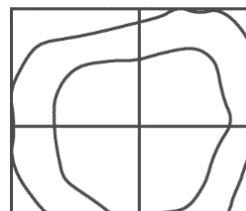
Halula TI 109



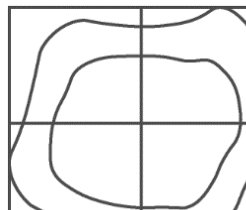
Halula TI 110



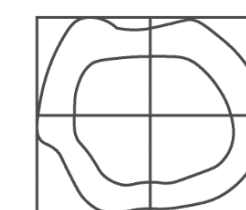
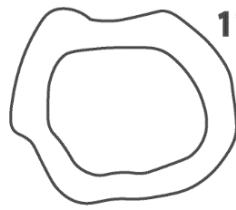
Halula TI 111



Halula TI 113



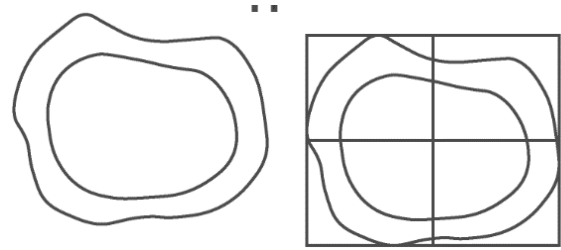
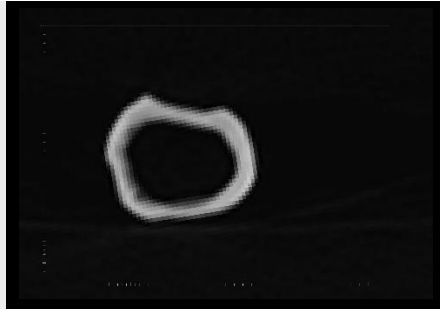
Halula TI 114



5

114

Halula TI 116

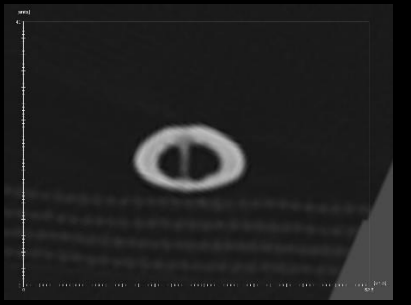


## ANNEX X. METAPODES

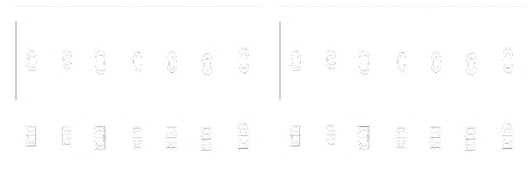
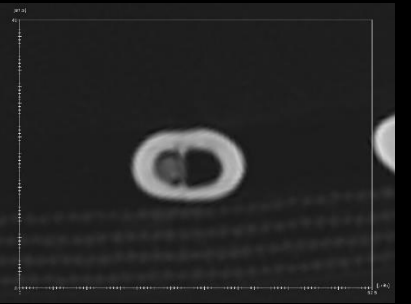
Codi	RAW	Línies perfil
Halula d MC CAAE 5		
Halula d MC CAAE 7		
Halula d MC CAAE 8		
Halula d MC CAH12		



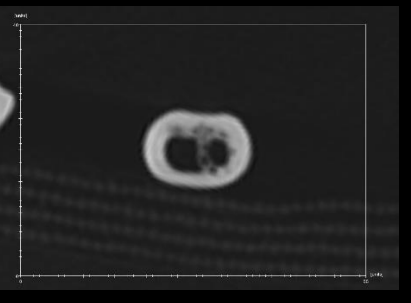
**Halula d MT OVAR 8**



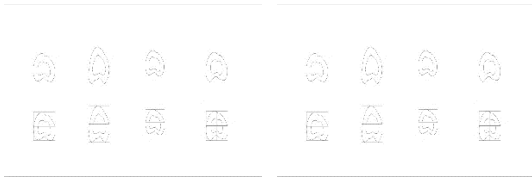
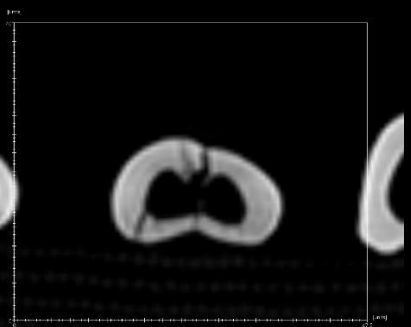
**Halula d MT OVAR 9**



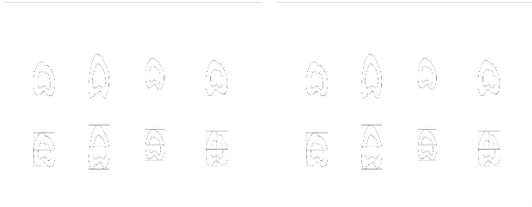
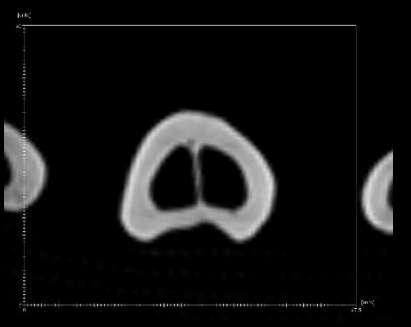
**Halula d MT OVAR 11**



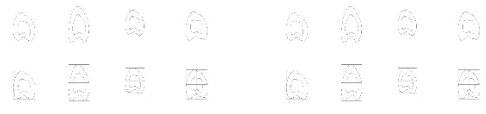
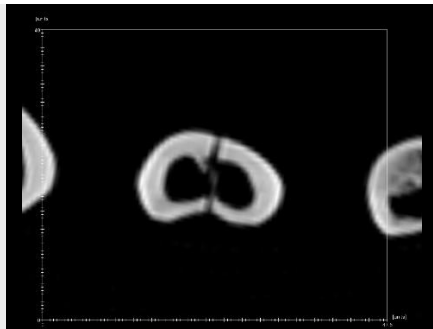
**Halula MC CAAE 2**



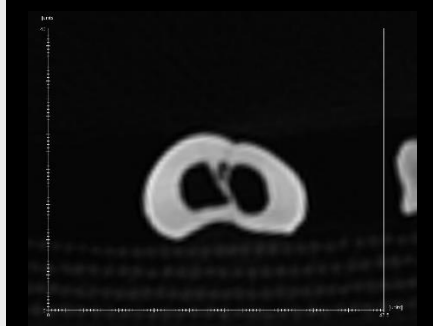
**Halula MC CAAE 3**



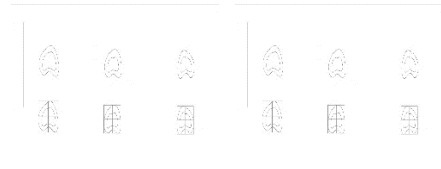
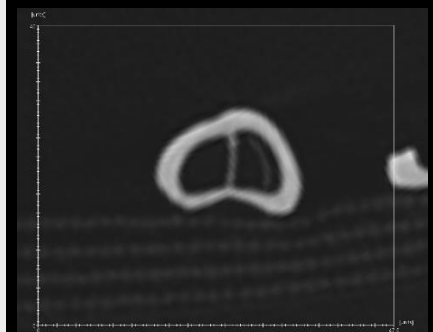
**Halula MC CAAE 4**



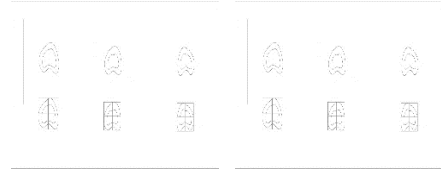
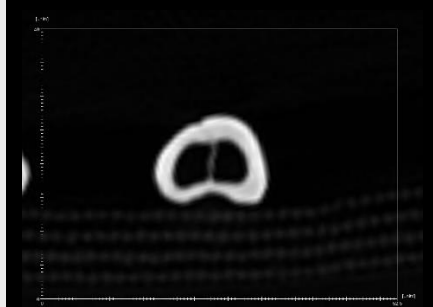
**Halula MC CAAE 6**



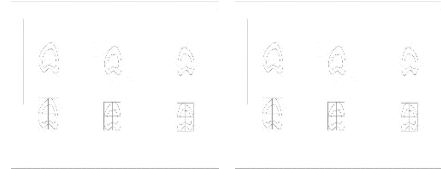
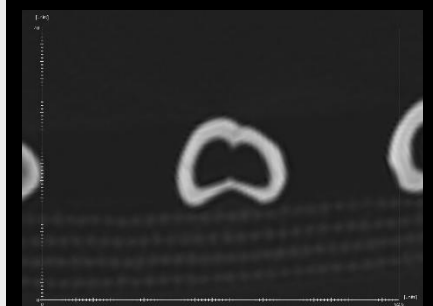
**Halula MC CAHI 1**



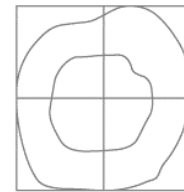
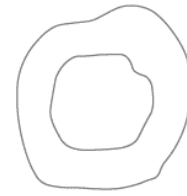
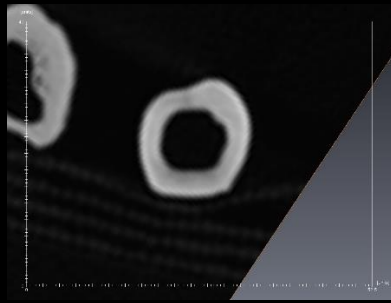
**Halula MC CAHI 3**



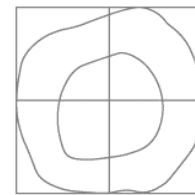
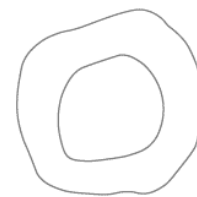
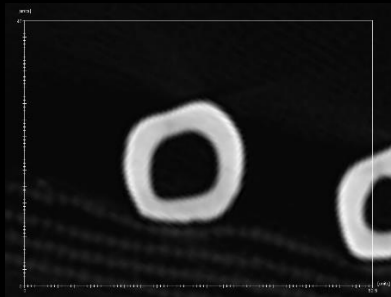
**Halula MC CAHI 4**



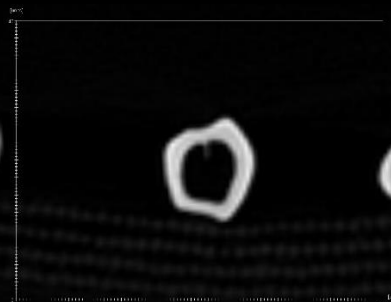
**Halula MT CAAE 1P**



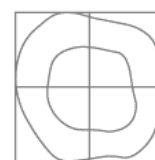
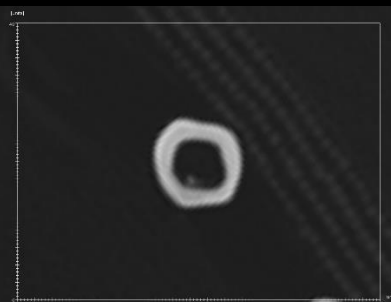
**Halula MT CAAE 2**



**Halula MT OVAR 2**

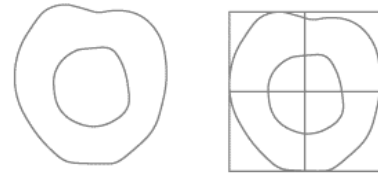
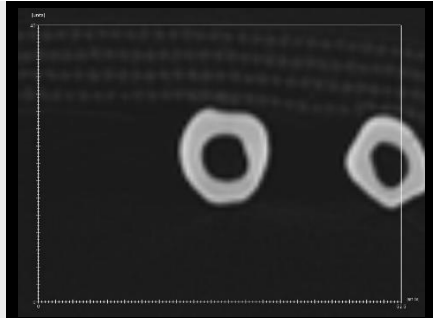


**Halula MT OVAR 4**

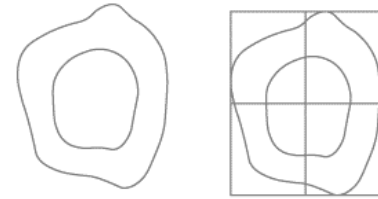
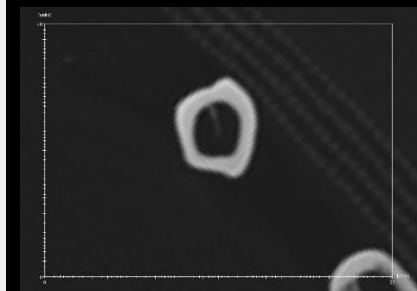




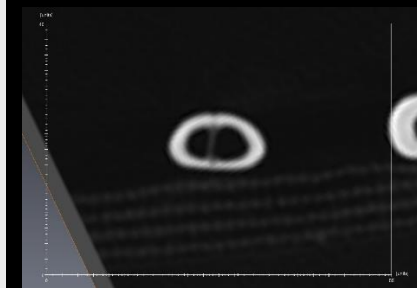
**Halula MT OVAR 6**



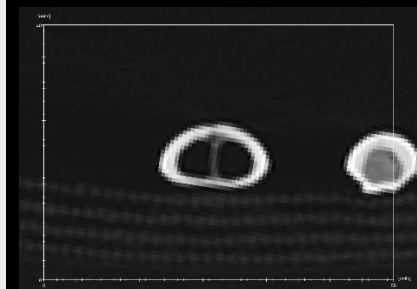
**Halula MT OVAR 10**



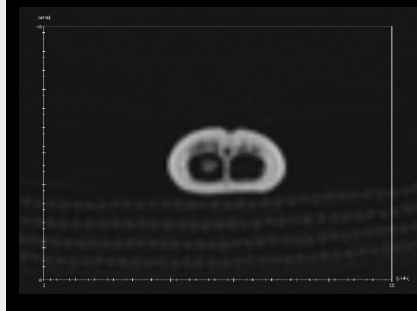
**Halula d MC OVAR 1D**



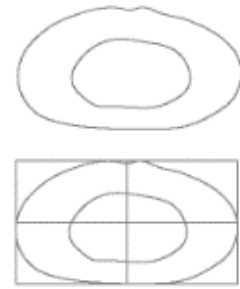
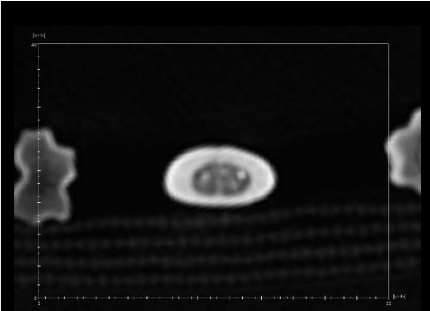
**Halula d MC OVAR 6**



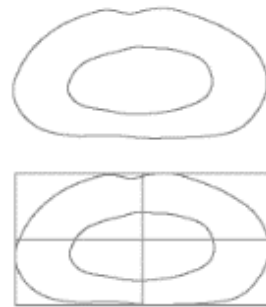
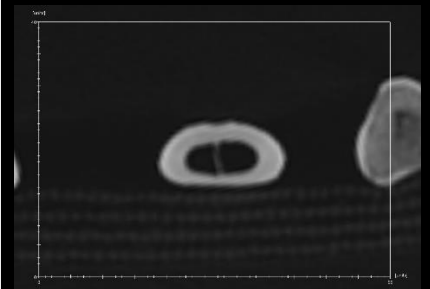
**Halula d MC OVAR 8**



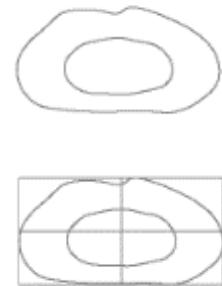
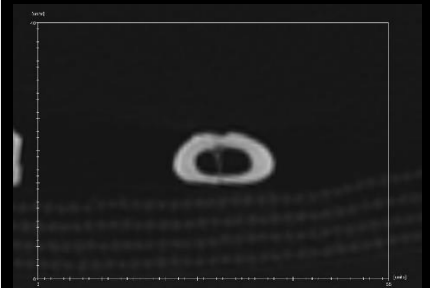
Halula d MC OVAR  
10



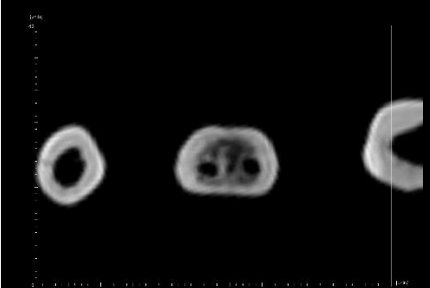
Halula d MC OVAR  
11



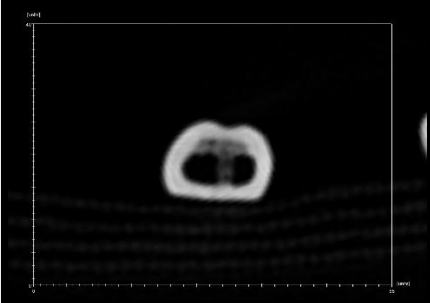
Halula d MC OVAR  
14



Halula d MT CAHI 2



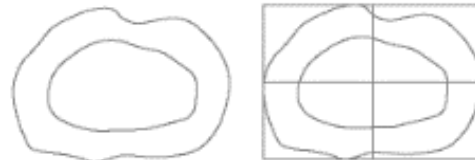
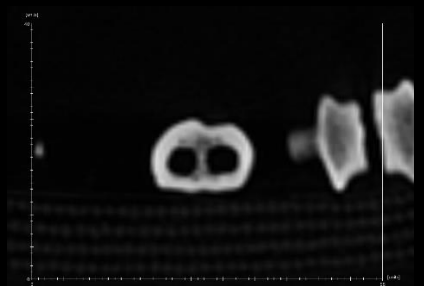
Halula d MT CAHI 7



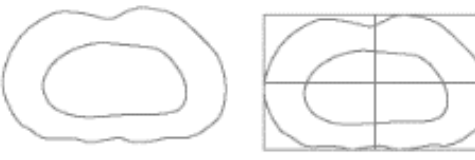
**Halula d MT CAHI 10**



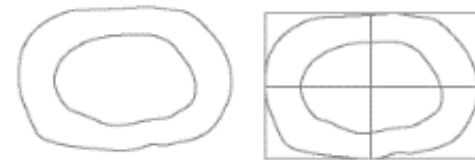
**Halula d MT CAHI 14**



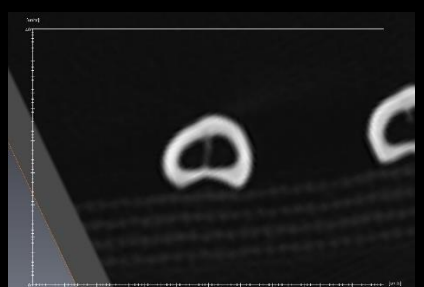
**Halula d MT CAHI 16**



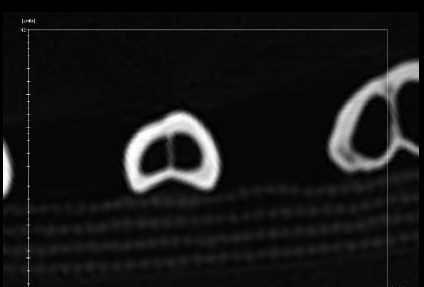
**Halula d MT CAHI 17**



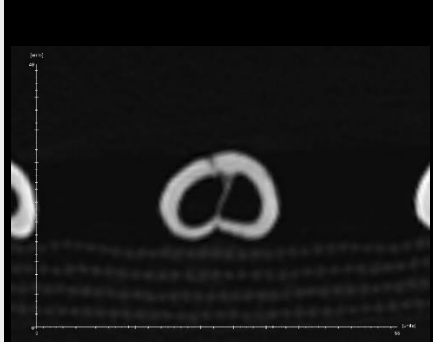
**Halula p MC OVAR1**



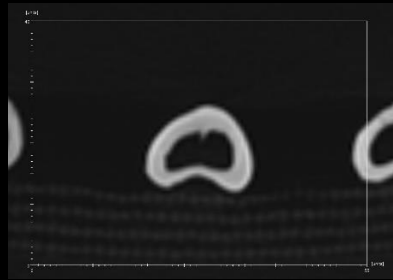
**Halula p MC OVAR2**



**Halula p MC OVAR3**



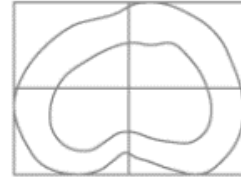
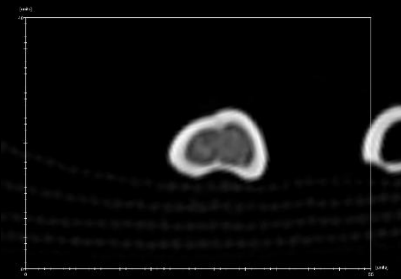
**Halula p MC OVAR4**



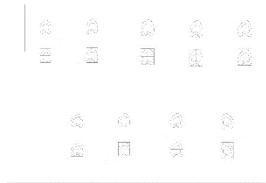
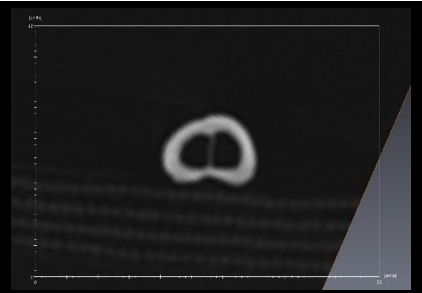
**Halula p MC OVAR5**



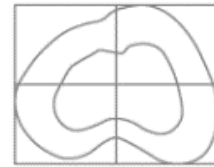
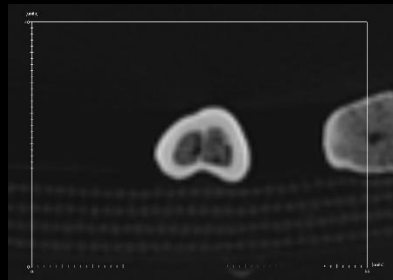
**Halula p MC OVAR7**



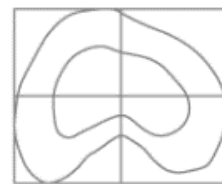
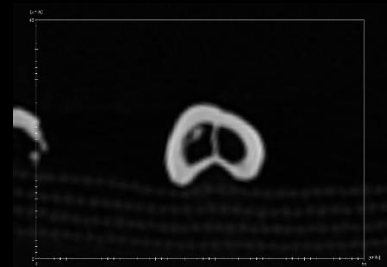
Halula p MC OVAR9



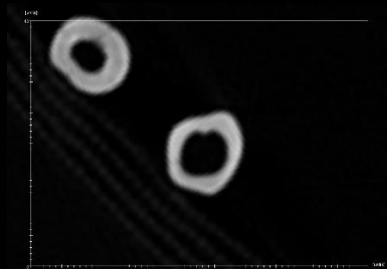
Halula p MC OVAR12



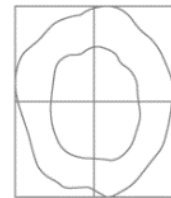
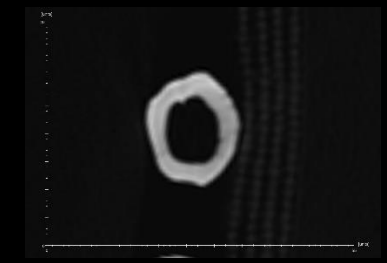
Halula p MC OVAR15



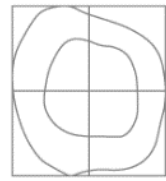
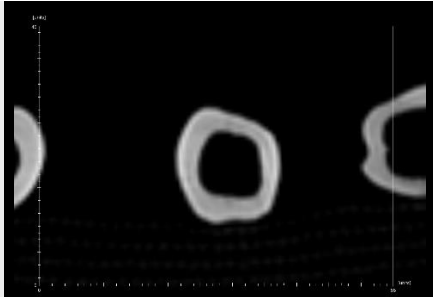
Halula p MT CAHI 1



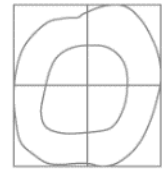
Halula p MT CAHI 3



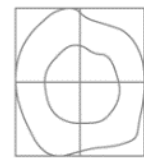
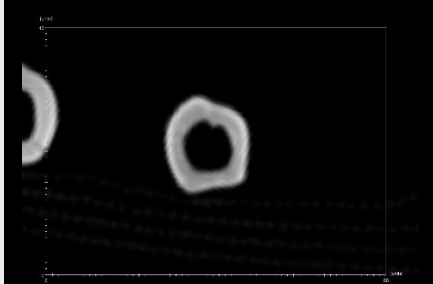
Halula p MT CAHI 4



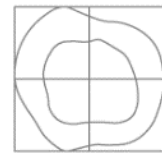
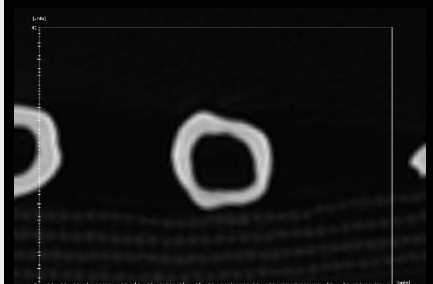
Halula p MT CAHI 5



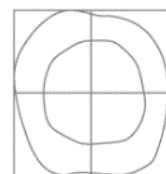
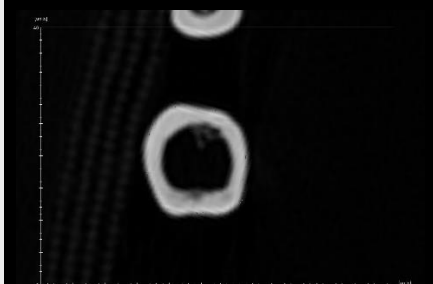
Halula p MT CAHI 6



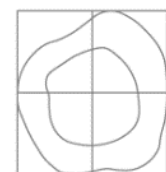
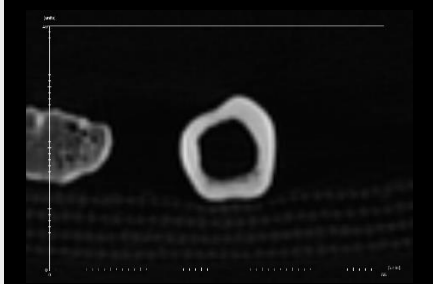
Halula p MT CAHI 8



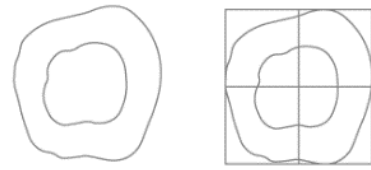
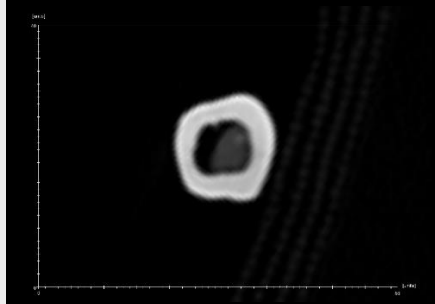
Halula p MT CAHI 9



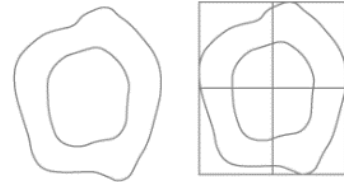
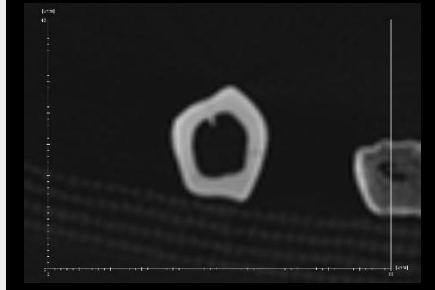
Halula p MT CAHI 11



p MT CAHI 15



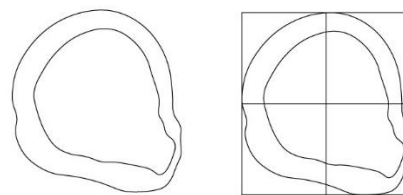
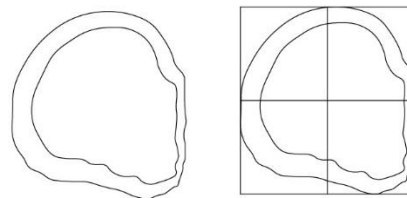
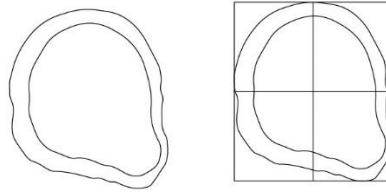
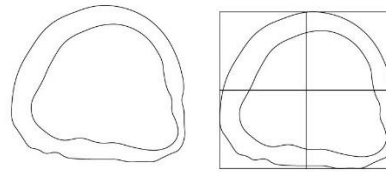
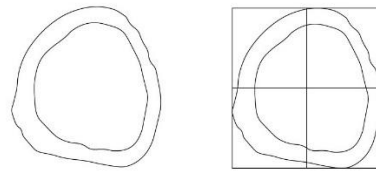
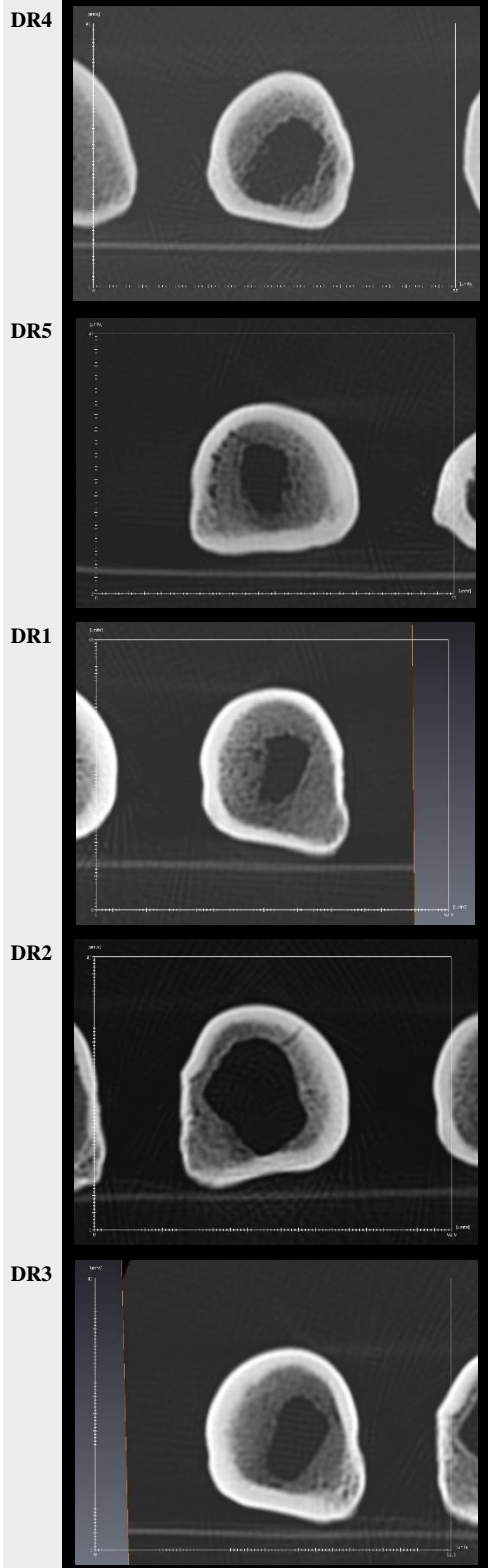
p MT CAHI 18

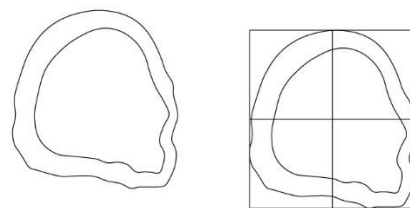
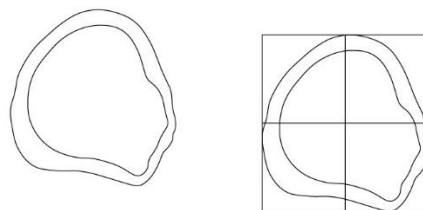
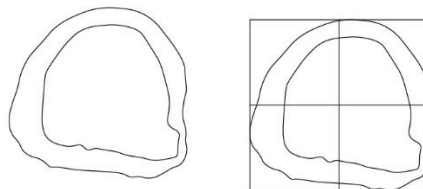
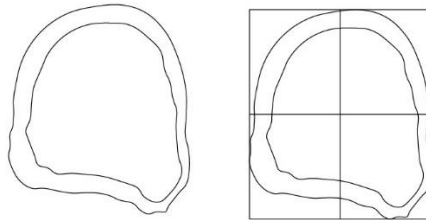
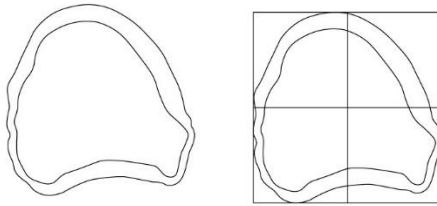
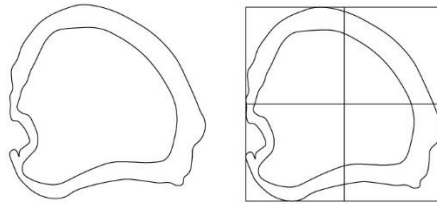
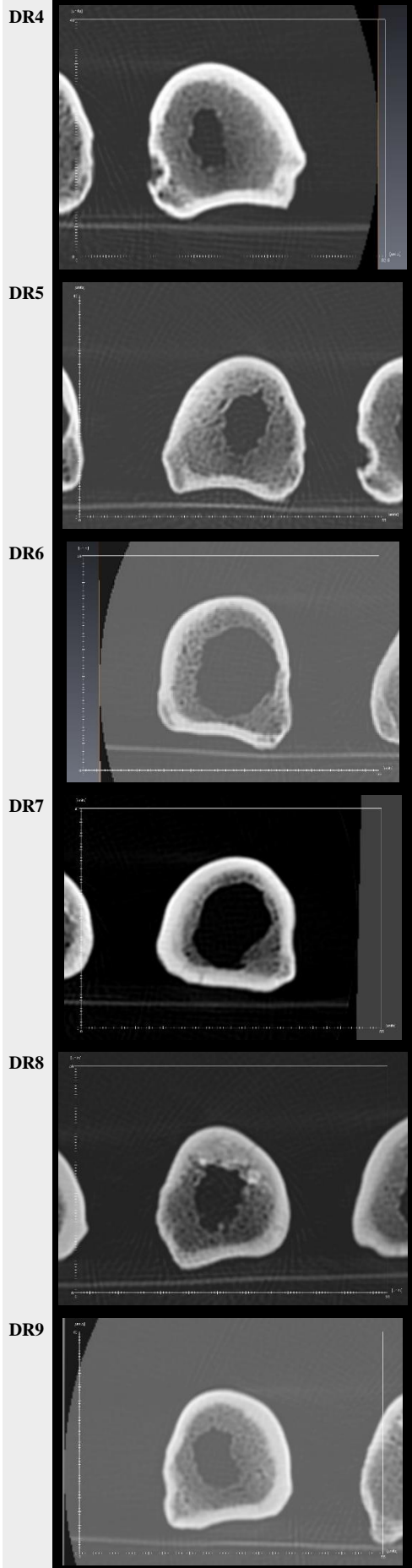


# ANNEX XI. FALANGES

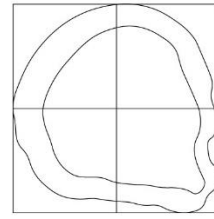
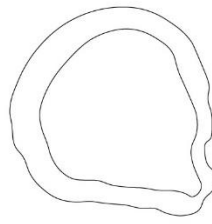
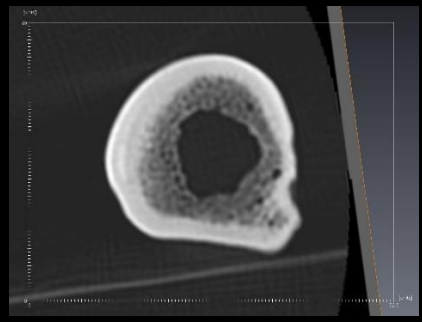
Codi	RAW	Línies perfil	
DR2			
DR3			
DR1			
DR2			
DR3			



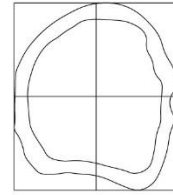
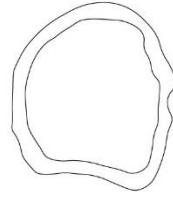
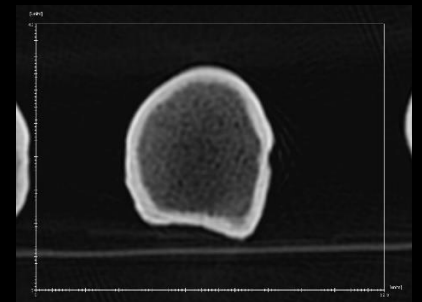




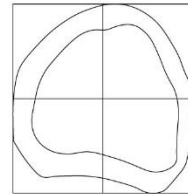
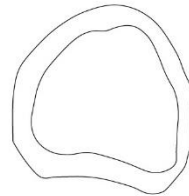
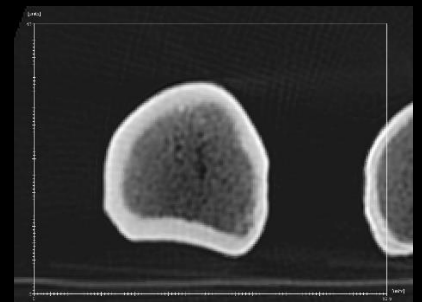
DR1



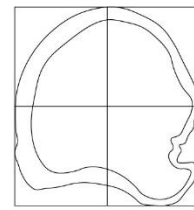
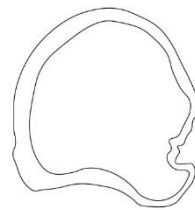
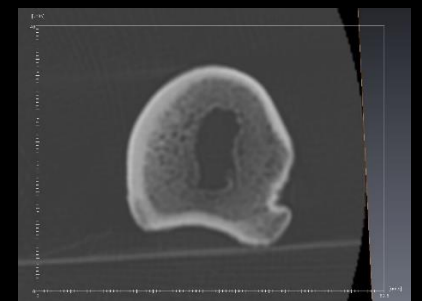
DR2



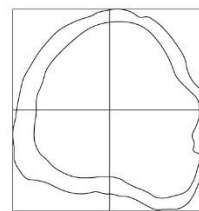
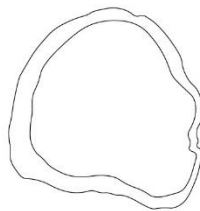
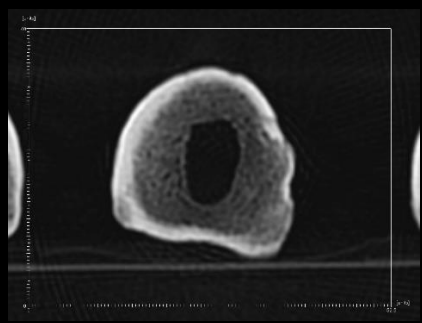
DR3

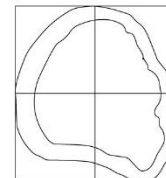
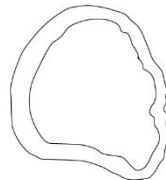
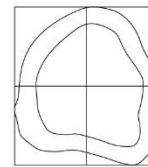
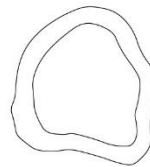
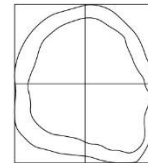
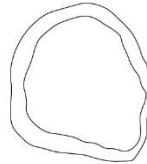
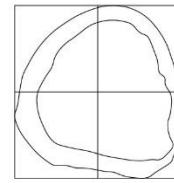
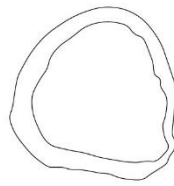
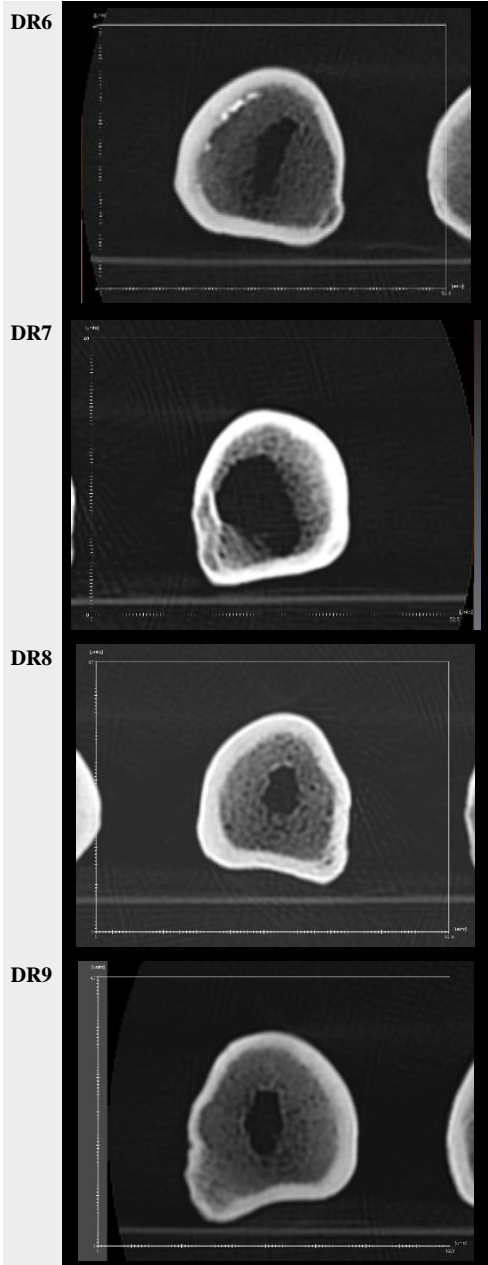


DR4

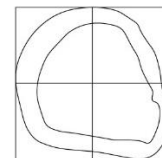
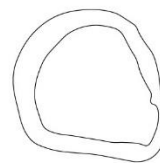
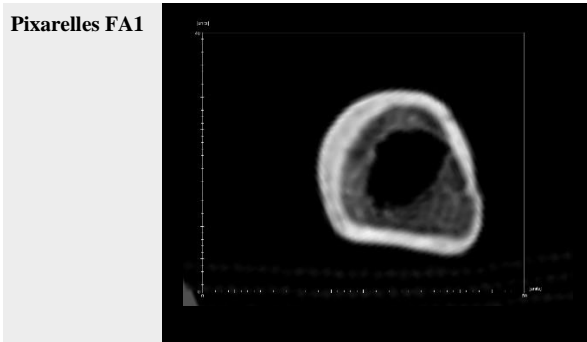


DR5

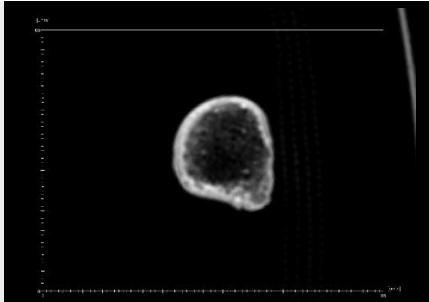




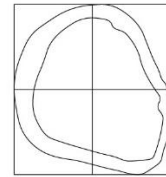
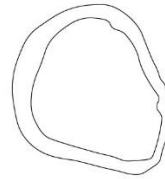
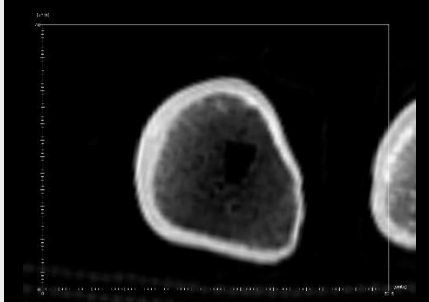
### Cova de les Pixarelles



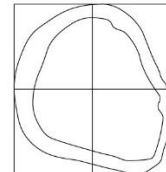
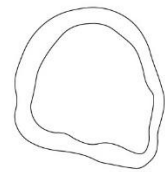
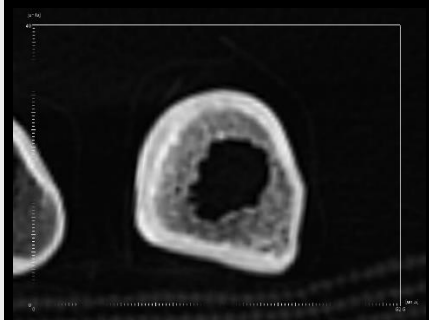
**Pixarells FA2**



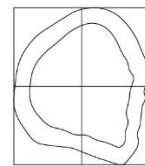
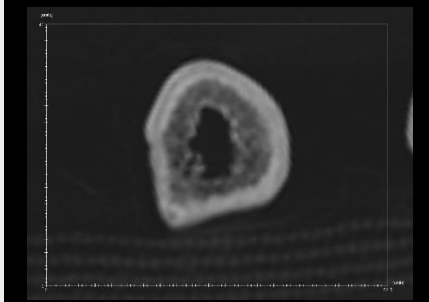
**Pixarells FA3**



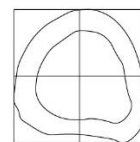
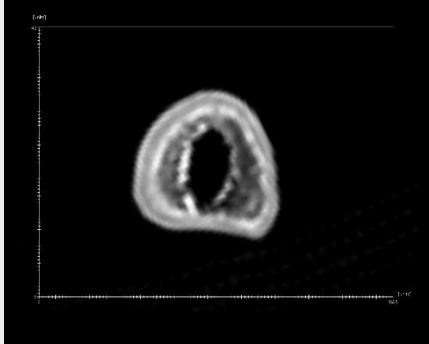
**Pixarells FA4**



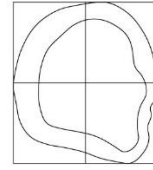
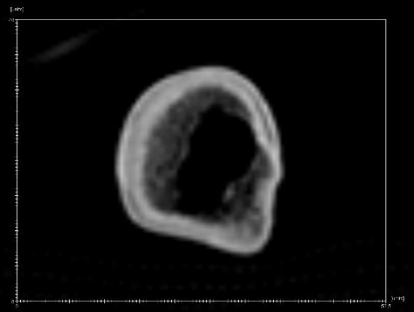
**Pixarells FA5**



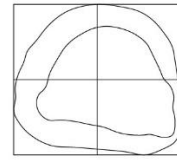
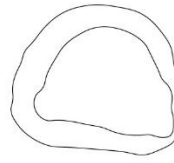
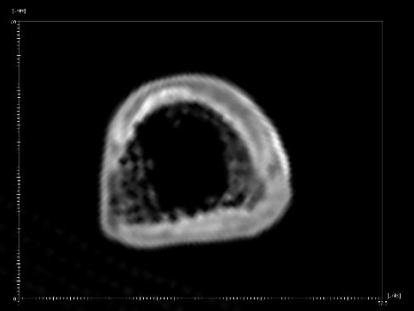
**Pixarells FA6**



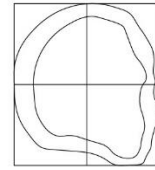
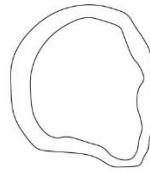
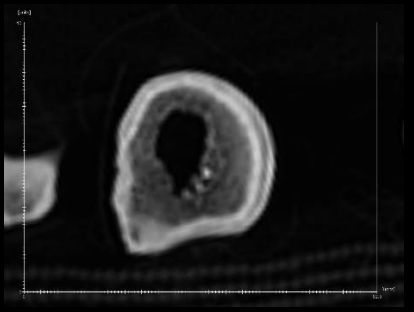
**Pixarells FA7**



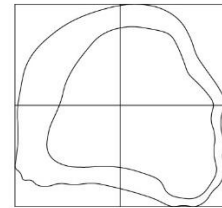
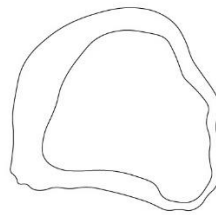
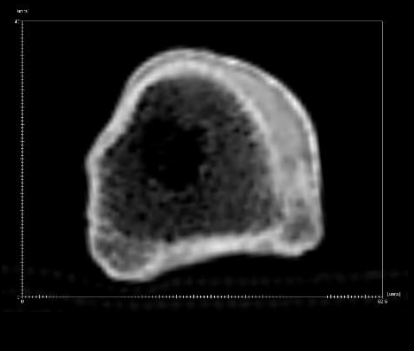
**Pixarells FA8**



**Pixarells FA9**



**Pixarells FA10**



## ANNEX XII. PATOLOGIES OSSIES

*Dades a partir de Tonda (2019)*

	NR	RNP	RP	RNP%	RP	RP-RNP	Codi	ex (1-4)	dec (1-2)	Observacions							
Vèrtebres	39	39	0	12.91	12.91	0	PX279	2	1								
Costelles	92	80	12	30.46	26.49	3.97	PX456	3	1								
Húmer	12	12	0	3.97	3.97	0	PX184	2	1								
Radi	9	7	2	2.98	2.31	0.66	PXI97	3	1								
Ulna	7	7	0	2.31	2.31	0	No coord.	3	1								
Tíbia	15	15	0	4.96	4.96	0	PX703	2	2								
Fèmur	8	8	0	2.64	2.64	0	PX360	1	2								
FA1	11	5	6	3.64	1.65	1.95	PX559	1	2								
FA2	9	4	5	2.98	1.32	1.65	PX173	4	1	Connexió amb PX795							
FA3	16	16	0	5.29	5.29	0	PX190	4	1	Connexió amb PX138							
Mandíbula	26	25	1	8.6	8.27	0.33	PX138	4	1	Connexió amb PX190							
Maxil·lar	12	12	0	3.97	3.97	0	PX795	4	1	Connexió amb PX173							
Metacarp	4	3	1	1.32	0.99	0.33											
Metatars	5	3	2	1.65	0.99	0.66											
Ossos del carp	3	3	0	0.99	0.99	0											
Ossos del tars	2	2	0	0.66	0.66	0											
Ossos de la pelvis	7	7	0	2.31	2.31	0											
Escàpula	3	3	0	0.99	0.99	0											
Crani	16	16	0	5.29	5.29	0											
Ròtula	3	3	0	0.99	0.99	0											
Talus	2	0	2	0.66	0	0.66	Codi	Lipp (1-3)	Exp (1-4)	Exd (1-4)	Ext (1-4)	Dep (1-3)	Ebp (1-2)	Ebd (1-2)			
Metàpode (nd)	1	1	0	0.33	0.33	0	PX662	MTC	1	1	1	2	1	1	1		
							PX160	MTT	1	1	2	3	2	1	1		
	302	271	31		89.63%	10.21%											
							Codi	Os	Lat	Ant./Post	SX	lipp (1-4)	exp (1-4)	exd (1-4)	ebp (1-2)	ebd (1-2)	IP
							PX874	F1	E	POST	♀	2	1	1	1	1	0.091
							PX969	F1	D	ANT	♂	4	4	4	1	1	0.818
							PX1055	F1	E	POST	♂	3	1	2	1	1	0.273
							PX42	F1	E	POST	♀	2	1	2	1	1	0.182
							PX394	F1	E	ANT	♂	2	1	2	1	1	0.182
							PX37	F1	D	POST	♀	1	1	2	1	1	0.091
							PX528	F1	E	POST	♂	1	1	1	1	1	0
							PX102	F1	D	ANT	♂	1	1	1	1	1	0
							PX137	F1	D	ANT	♀	1	1	1	1	1	0
							PX1089	F1	E	ANT	ND	1	1	1	1	1	0
							PX987	F1	E	POST	♂	1	1	1	1	1	0
							PX1058	F2	E	ANT		3	1	1	1	1	0.182
							PX899	F2	D	ANT		2	1	1	1	1	0.091
							PX831	F2	E	POST		4	1	1	1	1	0.273
							PX559	F2	E	ANT		3	1	1	1	1	0.182
							PX813	F2	E	ANT		2	1	1	1	1	0.091
							PX818	F2	D	ANT		1	1	1	1	1	0
							PX84	F2	E	POST		1	1	1	1	1	0
							PX263	F2	D	ANT		1	1	1	1	1	0
							PX272	F2	D	ANT		1	1	1	1	1	0

PX16XXII102



e

2 cm

PX16XXII137



2 cm

PX16XXII394



2 cm

PX16XXII969



2 cm

PX17XXII1089



2 cm

PX16XXII37



2 cm



PX16XXII42



2 cm

PX16XXII528



2 cm

PX17XXII874



2 cm

PX17XXII1055



2 cm

PX16XXII528



a



b



c



d

2 cm

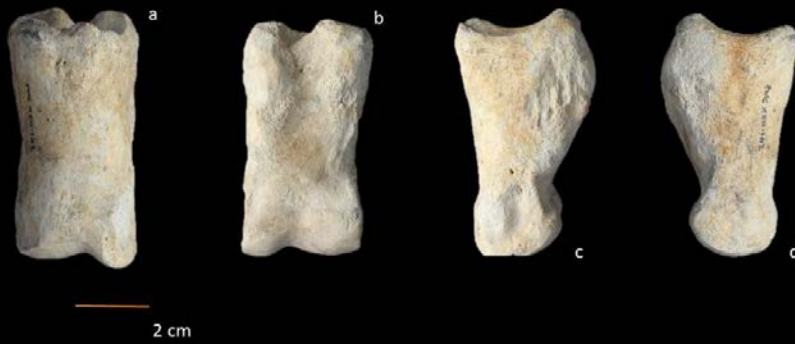
PX17XXII1089



PX16XXII137

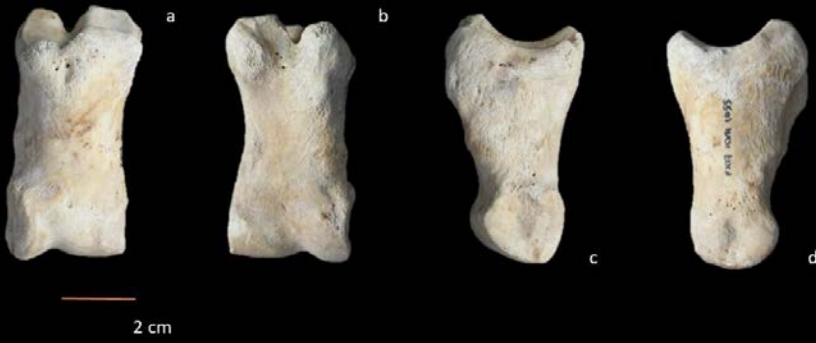


PX16XXII102

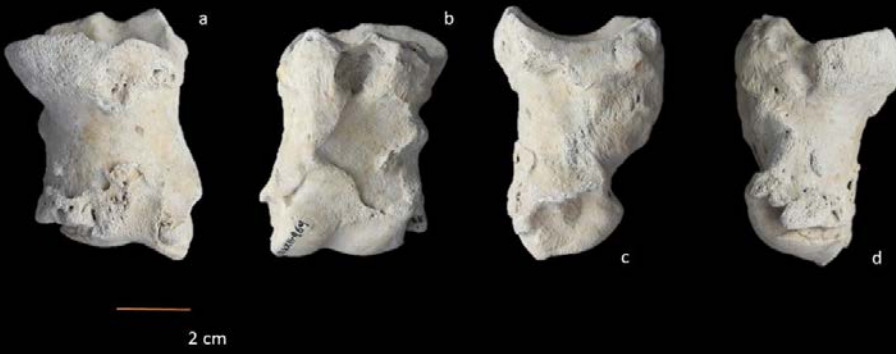


- a. Cara cranial
- b. Cara caudal
- c. Cara interdigital
- d. Cara externa
- e. Superficie articular

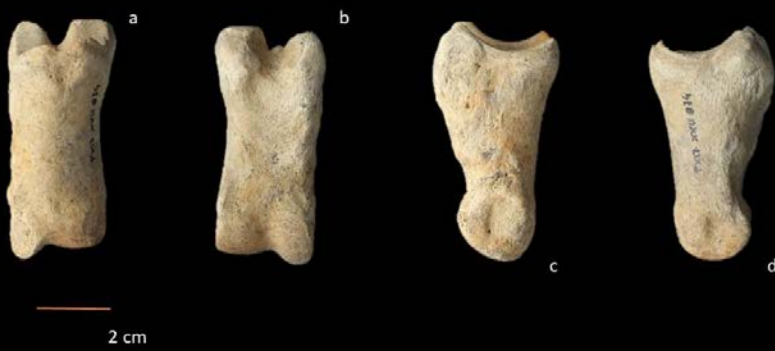
PX17XXII1055



PX16XXII969



PX17XXII874

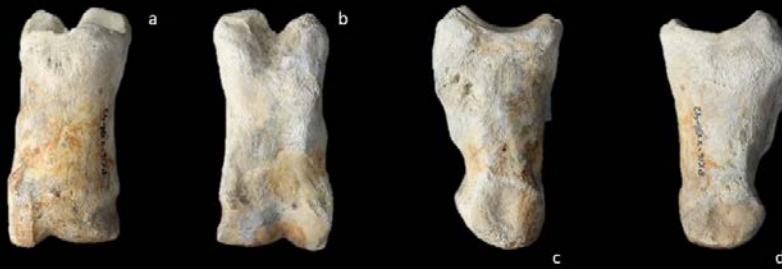


PX16XXII394



2 cm

PX16XXII42

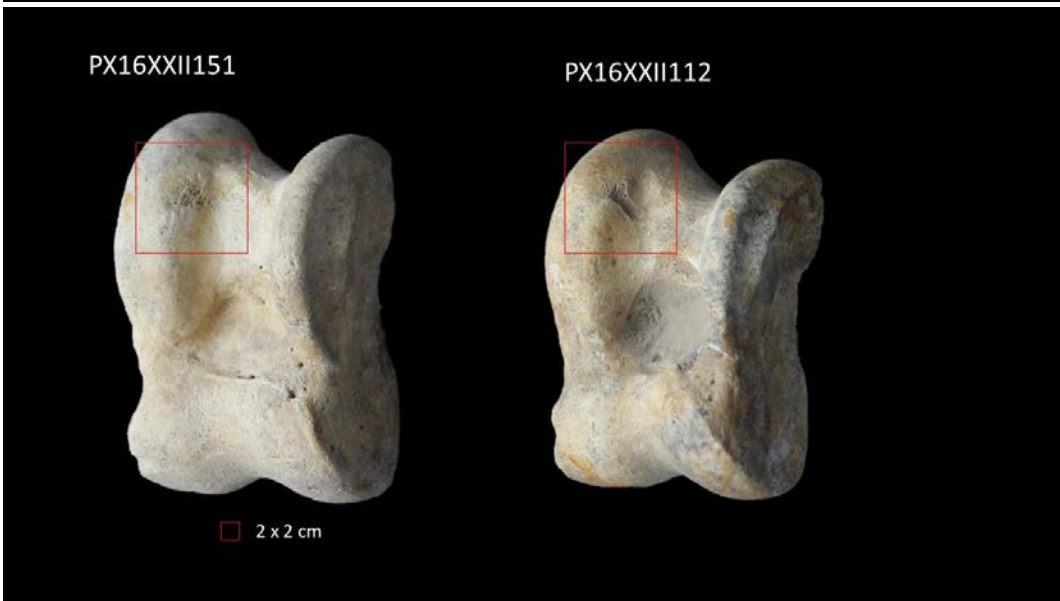


2 cm

PX16XXII37



2 cm



PX16XXII174



PX16XXII508



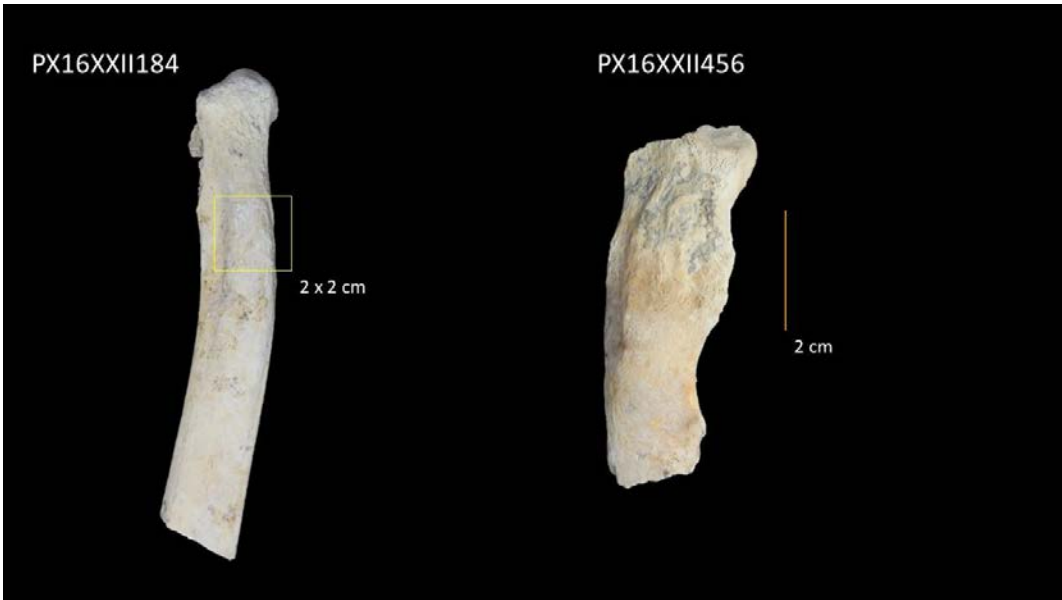
PX17XXII662



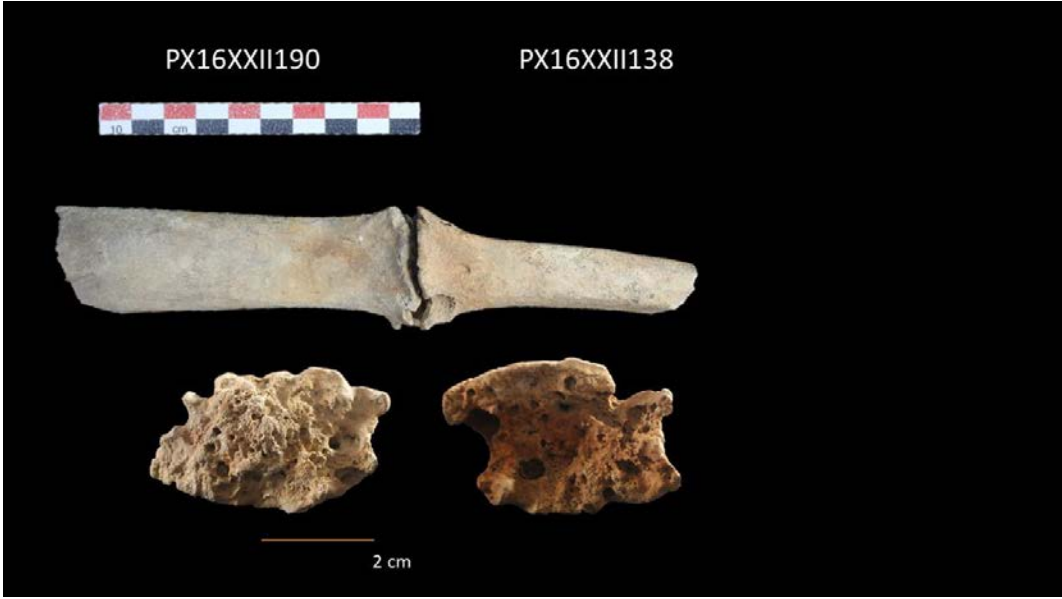
2 cm











## **ANNEX XIII. Assessing changes in animal mobility and activity patterns**

### **Assessing changes in animal mobility and activity patterns during early stages of domestication and husbandry of *Capra*: tell Halula as a case study (Euphrates valley, Syria)**

*Roger Alcàntara Fors<sup>1</sup>, Josep Fortuny<sup>2</sup>, Miquel Molist<sup>1</sup>, Carlos Tornero<sup>1,3&4</sup>, Maria Saña<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Laboratori d'Arqueozoologia, Departament de Prehistòria, Edifici B Facultat Filosofia i Lletres, Autonomous University of Barcelona, 08193, Catalonia, Spain.

<sup>2</sup> Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, ICTA-ICP building, c/ de les Columnes, s/n, E-08193 Cerdanyola del Vallès, Spain.

<sup>3</sup> Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, Zona Educacional 4 - Campus Sescelades URV (Edifici W3). 43007, Tarragona, Spain.

<sup>4</sup> Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain

#### **SUMMARY**

Tell Halula (Syria) is an archaeological site in the middle Euphrates valley with a continuous occupation lasting over 2000 years. This site is structured in 37 occupation phases ranging from the middle Pre-Pottery Neolithic B (PPNB) until the Halaf period (7800-5200 cal BC). Its privileged location allowed its inhabitants to access different biotopes (*e.g.* riverside, low mountain and steppe) that comprised a rich environment in which to develop a full farming economy. As regards goat remains, both *Capra aegagrus* and *Capra hircus* are documented from the earlier occupations of the site. Up to Occupation Phase 8 (7590-7520 cal BC), when domestic sheep was adopted, goat was the main domestic resource. Distinction between wild and domestic specimens is particularly difficult during the first domestication and husbandry stages. Domestication implies a significant degree of selective pressure over herds, with

special attention to particular anatomical and behavioural traits in accordance with specific human necessities. It is thought that wild and domestic specimens may differ in their range and intensity of mobility and activity patterns.

Taking this into account and considering that bone growth is related to adaptation to different levels of physical stress, this study attempts to detect potential variations in the development of bone, and specifically in cortical bone mass, using CT scanning and cross-section analysis of *Capra* humeri. Results support domestic specimens with loading patterns matching those of wild specimens together with some loading differences among the domestic group changing through the periods analysed. Moments of inertia show anteroposterior and mediolateral loading differences between domestic and wild populations that may be indicative of mobility differences. Activity levels, evidenced by the relative amount of cortical area and the polar moment of inertia, also seem to constitute a distinguishing marker of goat management strategies in the course of the archaeological sequence. The circularity index and the three different cross-sections documented also reinforce this hypothesis.

## **I. INTRODUCTION**

Domestication is a widely discussed concept that implies several interactions between social, physiological and ecological domains. Even though animal domestication processes are currently ongoing, the first husbandry practices are documented during the early Holocene and constitute one of the most relevant turning points in human history. In the Southwest Asia, the direct control of the productive and reproductive cycles of some animal species derived in important changes in the economy and social organization of human societies, paired with the development of new work processes and an increasingly sedentary lifestyle. From a biological point of view, it also had an important impact. The adaptation of the animals to the anthropic environment caused physiological, behavioural and anatomical changes (Helmer 1992). The feeding, reproduction and mobility patterns of herds were affected in different ways, under different timings depending on the species but also on the degree of artificial manipulation to which the species were subjected. Unfortunately, these changes are poorly detected in the archaeological record and zooarchaeology and the study of the faunal remains are the

best direct way to investigate these processes. Notwithstanding, different publications have shown that different ways can be used to obtain valuable data on early domestication, revealing that some of the traditional zooarchaeological limitations can be solved with different and complementary analytical approaches. Most of these approaches are based on biogeochemistry, of which stable isotopes and genomic analyses are the most common ones (Balasse et al. 2015; Bar-Gal et al. 2003; Blaise and Balasse 2011; Makarewicz and Tuross 2012; Tornero 2011)

Here, we present and discuss an analytical approach that could be useful to recognize animals subjected to control conditions, causing changes in activity patterns and physiological stress under different situations from the ones occurring in wild populations. This approach is based on the analysis of structural changes in bone tissue. Although pioneer works based on this approach were published during the 1970s (Museum Applied Science Center for Archaeology [MASCA] 1970, 1973; Daly et al. 1973; Drew et al. 1971), few studies have so far considered inner bone tissue architecture as a potential domestication indicator.

In these early studies (Drew et al. 1971), the authors compared different structural components of the bone tissue in domestic and wild populations through the analysis of spongy and compact bone and articular surfaces. Their results supported that differences in trabecular thickness, the trabeculae and subchondral plate joint and birefringence in the circumferential layers of transversal sections effectively distinguished between wild and domestic animals. Zeder (1978) considered the methodological approach of these early works valid but noted the importance of assessing whether the results could be biased by other factors, such as the levels of stress that animals were subjected to, mobility patterns, age or health state of the specimens. Later, Gilbert (1989) also pointed out the importance of determining if the analysed remains presented taphonomic alterations that could affect their inner structure.

The most important point of these approaches is that they test the correlation between density and bone structure and the degree of activity of the animals, as it may be affected by the domestication process. The plasticity of bone tissue and its capacity to adapt to the mechanical environment has long been a guiding principle in biological studies (Ruff et al. 2006; Wolff 2012[1892]) and it is known that bone

reacts when biomechanical movement generates strains caused by ground impact and skeletal muscle forces (Shaw and Stock 2009).

Based on this principle, some recent studies performed on modern animal populations provide interesting data that can be used as a reference to evaluate animal activity patterns in archaeological fauna remains (Jepsen et al. 2015; O'Regan and Kitchener 2005; Ruff et al. 1993; Stock and Macintosh 2016). It is common in biological and veterinary studies to correlate the growth and differential development of bones with the capability to adapt to mechanical stress. One of these parameters that can be tested in an archaeological study is the cortical width of long bones (Nazem et al. 2015). Hiney and colleagues (2004) evaluated the correlation between density and morphology of the cortical bone in the metapodial diaphysis in three groups of bull calves with three differentiated activity patterns: one with punctual high intensity activity, a free ranging group and a completely static third group. The results obtained show that mobility is reflected in the percentage of cortical area of the bones and its geometry, with the mineral density of the bone in static populations relatively more reduced. In a similar way, Main and Biewener (2004) analysed limb loading patterns of young goats in an attempt to relate them to *in vivo* bone strains in the radius of domestic goat, showing that the radius was primarily loaded with bending strains through ontogeny. Later, Niinimäki and Salmi (2016) analysed populations of reindeer and showed that different points of the muscular insertion of the elbow articulation are more developed in wild reindeer populations rather than in captive populations in zoos. One of the most important and recent publications on this topic was published by Shackelford and colleagues (2013), who focused on testing the changes in bone structure related with mobility reduction (due to domestication) in the case of wild asses.

Analyses of the changes in the inner bone structure could represent a useful way to shed light on early husbandry practices and provide the opportunity to identify variations in the mobility and activity patterns of animal populations derived from domestication processes. We therefore propose the hypothesis that animal domestication may involve a greater control of human communities over animals than previously thought. This control could lead in some cases to their breeding and maintenance in the settlements or close to them, thus decreasing the degree of physical activity. In order to examine this

possibility, Computed Tomography (CT) techniques represent a non-invasive methodology for fossil remains as its capacity to record the external and internal features of the bones has been attested (Stock 2002). It is able to identify variations in inner bone microstructure derived from potential selective pressures and interpret its patterns and intensity. To date, no investigation has been performed on archaeological goat populations, the main focus of the present study.

This paper presents the preliminary results of the application of this approach and methodology to the study of early goat husbandry at the Neolithic settlement of tell Halula (middle Euphrates valley, Syria). The site of tell Halula, with more than 2000 years of continuous occupation, allows the main changes occurring in early domestic goat management strategies between 7800 and 5700 cal. BC to be followed in detail. The main objective is to evaluate if there are variations in the activity levels of the analysed specimens based on the analysis of the bone structure and, if so, to correlate these variations with the management strategies for this species and the size changes in the animals, data already available from recent studies (Saña 1999, 2000; Saña and Tornero 2008, 2013; Tornero 2011).

## **II. MATERIALS**

Tell Halula is an archaeological site located in the middle Euphrates Valley (Syria). The archaeological work carried out in tell Halula during the last 25 years have revealed a long sequence of occupation in its more than 11 metres of stratigraphic sequence. An area of about 4200m<sup>2</sup> has been excavated. The sequence of occupation covers a period between 7800 to 5700 cal BC, which is subdivided into 37 Occupation Phases (OP) corresponding to middle Pre-Pottery Neolithic B (MPPNB), Late Pre-Pottery Neolithic B (LPPNB), Pre-Halaf and Halaf periods (Molist 2013).

During the oldest occupation phases, dating back to c. 7800-7600 cal BC, most of the domestic structures (mainly cooking and storage structures) are distributed in large open areas (approximately between OP 1 to OP 9). At the end of the MPPNB and during LPPNB the excavation of a wide area was able to document a living area with an alignment of seven synchronically occupied houses that share some formal features, such as building techniques or spatial distribution. All the houses are rectangular and

are identically organised in three or four rooms, with a large open area in front where most of the production activities were carried out. Starting in the Pottery Neolithic, dated c. 6900-6800 cal. BC (OP20 to OP32 at the site) different levels with low investment in architectural constructions were documented dispersed over large open areas. Circular buildings start to appear, although some houses keep the rectangular and pluricellular organization. During the last occupation phases (OP36-OP37), dated between c. 6000 and 5500 cal BC, rectangular and circular floor plans in combination define the architecture of the site with a preferential use of stone foundations and beaten floors.

To date, a sample of about 35,000 faunal remains has been analysed (Saña 1999, 2000; Saña and Tornero 2008, 2013; Tornero 2011). During the oldest occupations (7800-7600 cal. BC, MPPNB), wild species played a major role in the supply of food while goats were the main domestic livestock. The beginning of sheep husbandry is attested for the first time in Occupation Phase 8 (7590-7520 BC), and a strategy mainly focused on the consumption of domestic sheep and goats has been documented during the intermediate occupation phases (OP13 to OP19). Cattle are documented since the beginning of the archaeological sequence with low representation values and as a source of meat (Helmer et al. 2005). Pigs are well represented throughout the whole sequence with fluctuating representation percentages and their domestic form has been identified since the first occupation (Alcàntara Fors 2014).

The *Capra* assemblage consists of a total of 1,386 remains (4% of the number of identified specimens [NISP]). Due to the characteristics of the archaeological bone remains, the selected fraction was from the medial diaphysis to the distal epiphysis, where the remains that could be measured were selected. Sampling was also carried out on the available remains in the Archaeozoology Laboratory at the Autonomous University of Barcelona. In this way, a total of 35 goat humeri were selected for CT scanning. According to the archaeological and historical dynamics represented in the site and the different turning points documented in the animal management strategies (Saña 1999, 2000), the samples have been grouped in three periods following a chronological order. Thus, nine samples correspond to Period 1 (OP1-OP10), eight samples to Period 2 (OP11-OP21) and lastly 15 samples correspond to Period 3 (OP22-OP37). Based on biometrical criteria, 32 remains have been classified as *Capra hircus* and 3 to *Capra aegagrus*. All the samples analysed are adult specimens. The wild goat

specimens belong to Periods 1 (Samples No. 2 and 3) and 2 (Sample No. 6), and are represented in an individualised group as a source of reference for this population.

### **III. METHODOLOGY**

The biometric features of the selected humeri from tell Halula were recorded following the criteria defined by von den Driesch (1976) and Helmer and Rocheteau (1994). The measurements recorded correspond to the maximum width of the epiphysis (Bd), maximum width of the distal trochlea (Bt) and maximum (H) and minimum height (h) of the trochlea. Measurements of goat humeri from the sites of Abou Gosh (Ducos 1978), Munhatta (Ducos 1968) and Cafer Höyük (Helmer 1985, 1988, 1991) were also included as reference datasets.

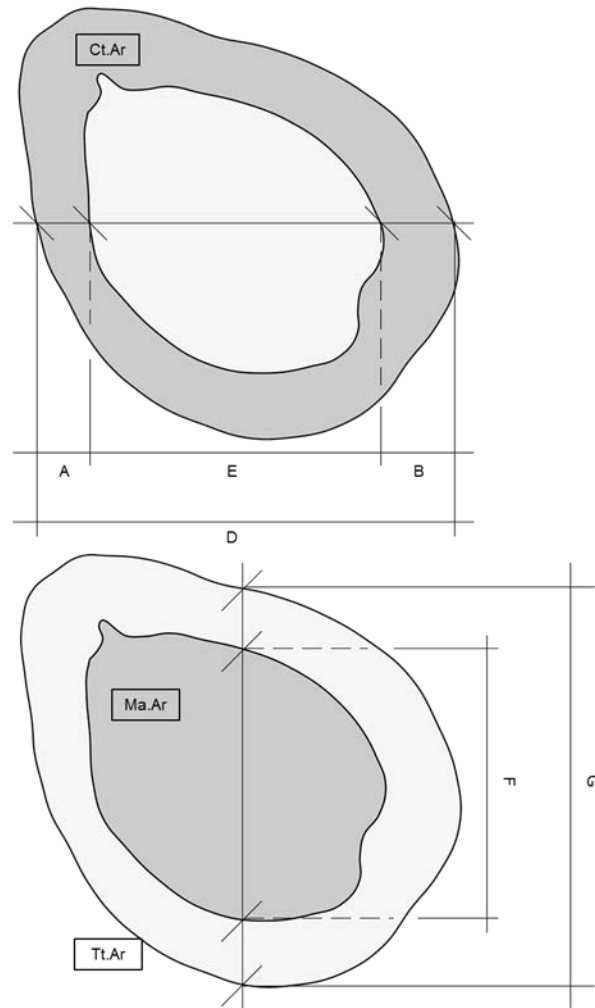
The remains were CT scanned using medical CT scanner Sensations 16 (Siemens) at the Hospital Universitari Mútua de Terrassa (Terrassa, Catalonia) at 120 Kv, 59 Ma, with an output of 512 x 512 pixels per slice, and obtaining a physical resolution of 0.75 mm. The raw data obtained were processed using the software Avizo 7.0 (FEI Company). This software allowed the generation of 3D models of each bone. From each bone, a slice from the distal diaphysis at the outermost proximal limit of the olecranon fossa was obtained. This point represents a homologous locus for all the humeri. It is on the diaphysis of the bone and easy to locate, which permits reliable replication of the cross-sectioning procedures. ImageJ software (Schneider et al. 2012) was used to take such measurements as the width of the cortex in the mediolateral plane, the anteroposterior and mediolateral diameters of the subperiosteal section and of the medullary cavity and the total, cortical and medullary area of the section (Figure 1).



These measures were used to calculate the physical parameters defined with the C/D ratio (C=cortical thickness; D=diameter of bone), Ct.Ar./Tt.Ar ratio (Ct.Ar = cortical area; Tt.Ar = total area), the second moment of area or moment of inertia (I) and the polar moment of area or polar moment of inertia (J). The values obtained with the calculation of these parameters are representative of the modifications that the bone tissue may undergo as a result of its adaptation or response to the different loads received during the life of the animal, being a reflection of their intensity, recurrence, duration and direction.

The C/D ratio expresses the amount of cortical bone (sum of medial and lateral thickness) related to the diameter of the bone (mediolateral diameter). The C/D ratio is widely used in veterinary science as a diagnostic tool for the identification

of bone growth anomalies and is not affected by age, sex, weight or height (Nazem et al. 2015). The Ct.Ar./Tt.Ar ratio equally expresses the relative amount of cortical bone in the section. Cortical area is related to the compression and traction loadings the bone had to bear (Nordin and Frankel 2000). The moment of inertia (I) reflects the adaptation of the bone to bending and torsional loadings and has been



**Figure 1** Measurements on the cross-sections.

A+B=Cortical thickness (Ct.Th), D=Mediolateral breadth of the section (ML), E=Mediolateral breadth of the marrow (ml), G=Anteroposterior breadth of the section (AP), F= Anteroposterior breadth of the marrow (ap), Ct.Ar=Cortical area, Ma.Ar=Marrow area, Tt.Ar=Subperiosteal area.

calculated in relation to the anatomical axes of the animal using the formula for the moment of inertia of a hollow ellipse (American Society of Agricultural Engineers [ASAE] 2003; Ruff and Hayes 1983) (Mediolateral moment of inertia:  $I_{ML} = 0,0491(AP^3*ML - ml^3*ml)$ . Anteroposterior moment of inertia:  $I_{AP} = 0,0491(ML^3*AP - ml^3*ap)$ ). These two values express the distribution of the cortical mass in response to the analysed loadings. Consequently, it is expected that the bones of an animal with greater mobility, performing intense runs and changes of direction, should present a more evenly distributed cortical mass, given that their bones must adapt to a great variety of loadings. On the contrary, the bones of an animal with more limited movements, constrained to motions in a straight line, will adapt to compensate for this single recurrent effort (Carlson and Judex 2007). Following the same reasoning, low activity of the animal should be reflected in lower values for this parameter. The relation of this parameter in its two perpendicular axes generates therefore an index of circularity that expresses the previous scenarios. The polar moment of inertia, the result of the sum of any pair of perpendicular moments of inertia, represents the adaptation of the bone to torsional loadings (Daegling 2002; Ruff 2000). The last considerations take into account the morphology of the cross-sections given the effects of multidirectional stress to bone growth.

In order to reduce the influence of the size of the animals, the values obtained with the calculation of the moment of inertia and the polar moment of inertia have been standardized using the geometric mean of the four linear measures Bd, Bt, H and h. Since the values returned by the formula used to calculate these parameters are expressed in  $mm^4$ , the value of the geometric mean was raised to the fourth power. Usual procedures to standardize this data involve using bone length and body mass (Hiney et al. 2004; Ruff 2000; Ruff and Hayes 1983; Ruff et al. 1993; Ruff et al. 2006; Shackelford et al. 2013) to compensate for any weight or size difference that may affect the sample. Given the extreme difficulty in access to these values due to the preservation issues always attached to archaeological contexts, Bd, Bt, H and h are taken here as markers of size and body mass factors, taking into account that breadth and width measurements are substantially a function of weight (Currey 2013).

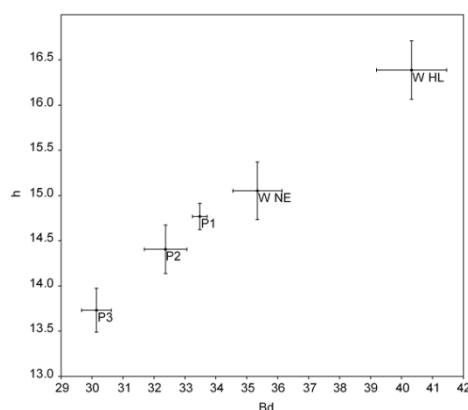
The distribution of the measurements and obtained values in Standard error and Box plot diagrams has enabled the assessment of continuity and discontinuity between wild and domestic populations and

between periods. In order to compare the data according to chronology, the Kruskal-Wallis test has been used, with a statistical significance probability threshold of  $\alpha = 0.05$  (Hammer et al. 2001).

#### IV. RESULTS

The different measurements and parameters calculated refer to the characteristics and properties of the bone epiphyses and bone section. Firstly, the goat size evolution throughout the archaeological sequence has been characterised. Then, the values and tendencies obtained with the measurements directly taken from the cross-section (*i.e.* bone area, cortical area and marrow area) are checked. These data are complemented by the parameters of the cross-sections calculated with the linear and area measurements as previously described. These parameters are related to the strength of the bone and its capacity to resist different levels and kinds of physical stress.

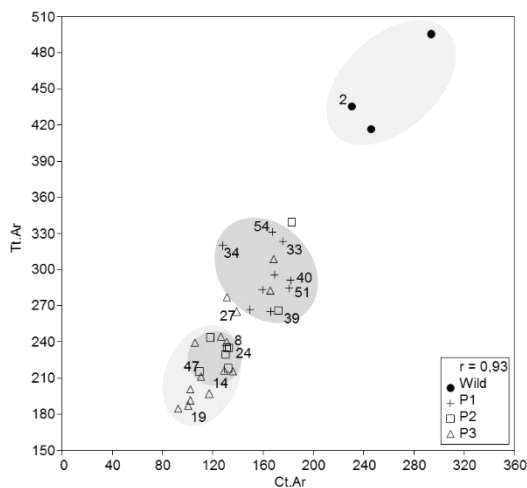
A reduction in size of goat specimens in the course of the chronological sequence at tell Halula has been documented in previous studies (Saña 1999, 2000; Saña and Tornero 2008, 2013; Tornero 2011). The results obtained with the Bd and h measurements of the distal epiphysis of the analysed humeri grouped according to the three periods established as a temporal reference in the present study are presented here by means of standard error diagrams. As can be seen in Figure 2, the samples selected for this study follow the general trend, with a clear difference in these measurements between wild and domestic populations. Kruskal-Wallis p values (Table 1) corroborate this trend, with the only similarities being between the wild goat reference samples taken from the East Levant and the tell Halula P1 samples.



**Figure 2** Standard error diagram of distal breadth (Bd) and minimum height of the trochlea (h). Tell Halula wild goats (W HL; N=3), tell Halula domestic goats (P1; N=9, P2; N=8 and P3; N=15), Near Eastern wild goats [W NE; Includes samples from Abou Gosh (Ducos, 1978) (N=20), Munhatta (Ducos, 1968) (N=1) and Cafer Höyük (Helmer, 1985; 1988; 1991) (N=1)]. P1 (Period 1), P2 (Period 2) and P3 (Period 3).

**Table 1** Kruskal-Wallis test results of Bd values between *Capra aegagrus* (Wild; N=3) and *Capra hircus* (Period 1 (P1; N=9), Period 2 (P2; N=8) and Period 3 (P3; N=15) with a statistical significance probability threshold of  $\alpha = 0.05$ .

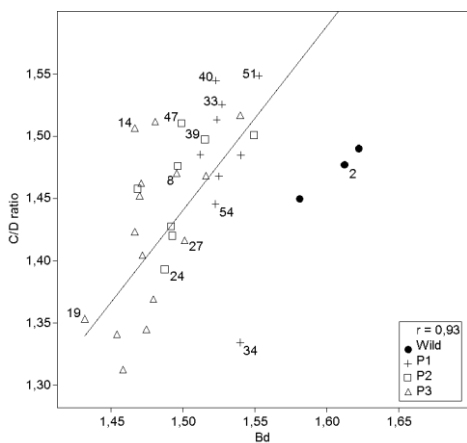
	Wild	P1	P2	P3
Wild		0.01623	0.0189	0.009116
P1	0.09738		0.01077	0.000386
P2	0.1134	0.06464		0.05682
P3	0.05469	0.002316	0.3409	



**Figure 3** Bivariate graph of the Cortical Area (Ct.Ar) and the Total Area (Tt.Ar) of the 35 cross-sections analysed within their corresponding group of analysis. Ellipses mark the main concentrations of values for each group.

Next, the values of the area of the cortical mass (Ct.Ar) were correlated with the values of the total area (Tt.Ar) in order to evaluate whether the dynamics of Ct.Ar in the tell Halula sequence are similar or not to those obtained for the size. The values of *Capra aegagrus* specimens have also been individualised (Figure 3). The results show a positive correlation between the two areas ( $r = 0.93476$ ) (See Supplementary Table 2 for further details), clearly separating the wild population from the rest. The values obtained for P1 are grouped and have a lower variability than the next two periods, especially with the most recent occupation phase (P3). Those specimens that do not follow this trend have been marked in the distribution. The progressive decrease documented in these values would be equivalent to the one recorded for the size, although between Periods 2 and 3, a sharp reduction in the size of the cortical area is detected whereas Tt.Ar maintains a steady decrease. The correlation of the C/D ratio with the Bd

measurement was used to evaluate the relationship between the size reduction of the represented specimens and the changes in the cortical bone (Figure 4). The scatter plot shows the lack of linear correlation between these two values ( $r=0.44696$ ) (See Supplementary Table 2 for further details). P1 specimens have a relatively higher cortical mass than the specimens from the other two periods, whereas P3 specimens show greater variability. In the latter case, two groups with different tendencies can be isolated (Group 1: Samples 8, 9, 13, 14, 29, 38 and 46; Group 2: Samples 10, 19, 20, 21, 22, 23, 27 and 28). The wild specimens, whose size is greater than the rest of the individuals, present intermediate



values of relative quantity of cortical mass, less than what would be expected for domestic goats with the same Bd. Likewise, we observe an isolated case that stands out due to an especially low C/D ratio value given its size (Sample 34).

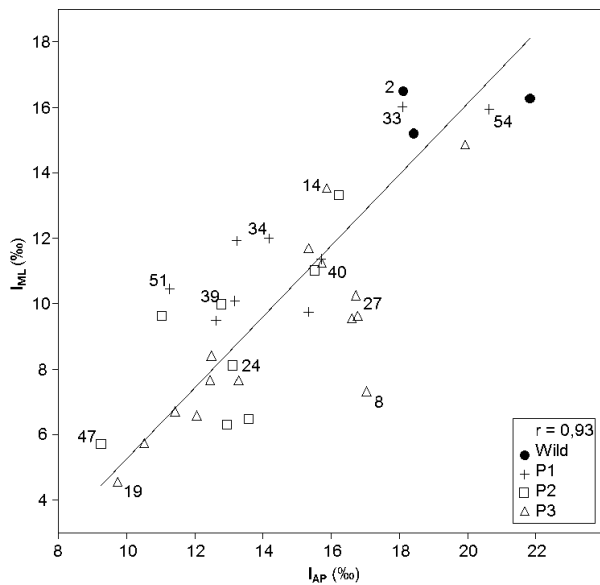
**Figure 4** Bivariate graph of distal breadth of the humerus (Bd) and C/D ratio log values of the 35 analysed samples within their corresponding group of analysis.

The observed dynamics in the moments of inertia and circularity index show a slightly different path. The distribution obtained from the measurements  $I_{AP}$  and  $I_{ML}$  (Figure 5) defines a group of individuals whose values of resistance to bending are higher than in the rest of individuals. This group is formed by the three samples of *Capra aegagrus*, two specimens from P1 (Samples 33 and 54) and a specimen from P3 (Sample 20). The greatest variability in this group is observed in the values of  $I_{AP}$ , while the values of  $I_{ML}$  remain stable. The remaining specimens in the sequence are divided into two main groups. The first one is mainly formed by samples from P3, together with two from P2. The second group, with lower  $I_{AP}$  values, is made up of specimens from P2 and P3 equally. The samples corresponding to P1, with the exception of the aforementioned specimens, show intermediate values between these two groups, partially overlapping with them. The circularity index, whose paradigmatic case of reference should present a relation of 1:1 (Stock 2006; Stock and Pfeiffer 2004), displays a clear tendency towards lower circularity in the course of the archaeological sequence (Table 3). In the same way, the average

of the values of the circularity index for wild specimens is the closest to those in Period 1. The variability of this index increases over time, reaching values higher than a 2:1 ratio.

**Table 2** Reduced Major Axis Regression (RMA) results between Cortical area and Total area of the cross-section (Ct.Ar-Tt.Ar.) and between distal breadth and C/D ratio (Bd-C/D Ratio)

RMA Regression	Ct.Ar - Tt.Ar	Bd - C/D ratio
Slope a	1.6352	1.193
Std. error a	0.10113	0.18578
t	16.169	6.4217
p (slope)	3.0276E-17	2.8037E-07
Intercept (b)	26.485	-9.991
Std. error b	245.48	36.55
<i>95% bootstrapped confidence intervals (N=199):</i>		
Slope a	(1.4542, 1.7674)	(0.5315, 1.5481)
Intercept b	(6.8177, 51.942)	(-21.16, 10.12)
<i>Correlation:</i>		
r	0.93476	0.44696
r <sup>2</sup>	0.87377	0.19977
t	15.114	2.8703
p (uncorr.)	2.1688E-16	0.0071063
Permutation p	0.0001	0.0073



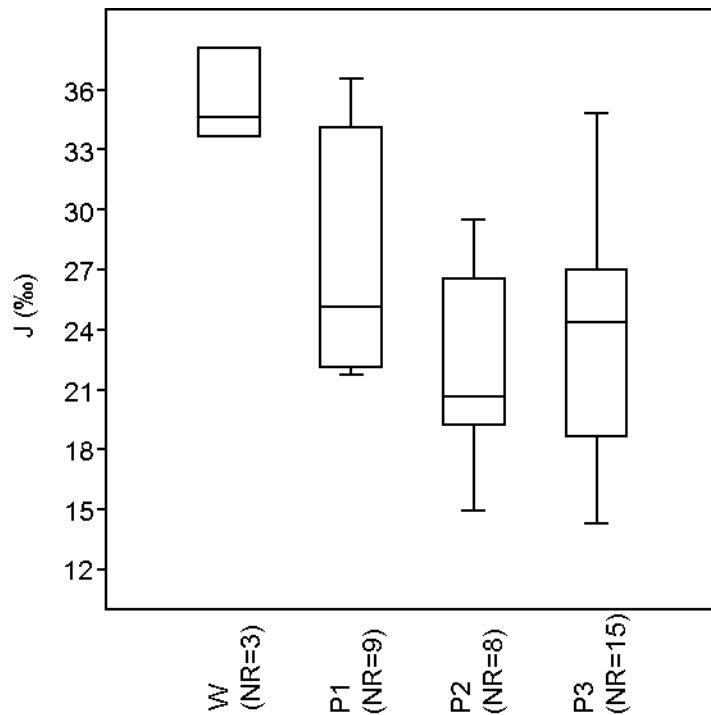
**Figure 5** Bivariate plot of the anteroposterior moment of inertia ( $I_{AP}$  (%)) and the mediolateral moment of inertia ( $I_{ML}$ ). Values were standardized by the geometric average of  $B_d$ ,  $B_t$ ,  $H$  and  $h$  raised to the fourth power.

The polar moment of the area represents the resistance to torsional loadings. In this case, the results show a population of six individuals (the three wild individuals, Samples 33 and 54 from P2 and Sample 20 from P3) especially resistant to torsional loadings despite having clearly different sizes. P2, with larger specimens than those in P3, records a lower average value of torsional strength (equivalent to the lowest resistance values in P3). Although the specimens from P3 are generally of a smaller size than the rest of the analysed sample, their range of resistance to torsional forces reaches the full scope of possible results, with two apparent separate groups according to their greater or lesser resistance to torsion. Larger specimens from P1 (Samples 34, 40, 45, 55) have high torsional strength values (equivalent to the highest resistance group in P3). These tendencies are well reflected in the box plot diagram (Figure 6) where the existence of a turning point in this parameter can be clearly seen between Periods 2 and 3

**Table 3** Cross-sectional geometric properties (mean and standard error values) for *Capra aegagrus* (wild) and *Capra* during Period 1, Period 2 and Period 3. Relative amount of cortical bone (C/D ratio; Ct.Ar./Tt.Ar); anteroposterior moment of inertia, anteroposterior bending strength ( $I_{AP}$  (‰)), mediolateral moment of inertia, mediolateral bending strength ( $I_{ML}$ ), polar moment of inertia, torsional strength (J (‰)) and circularity index ( $I_{AP}/I_{ML}$ ).

		Wild	Period 1	Period 2	Period 3
<b>C/D ratio (%)</b>	Mean	29.686	30.726	28.997	26.823
	SE	0.808	1.417	1.000	1.059
	N	3	9	8	15
<b>Ct.Ar./Tt.Ar (%)</b>	Mean	57.043	55.868	55.961	53.730
	SE	2.079	2.456	1.827	1.271
	N	3	9	8	15
<b><math>I_{AP}</math> (‰)</b>	Mean	19.453	15.370	12.985	14.156
	SE	1.190	0.978	0.649	0.730
	N	3	9	8	15
<b><math>I_{ML}</math> (‰)</b>	Mean	15.995	12.070	9.180	8.950
	SE	0.401	0.918	0.930	0.698
	N	3	9	8	15
<b>J (‰)</b>	Mean	35.448	27.440	22.166	23.107
	SE	1.358	1.824	1.300	1.369
	N	3	9	8	15
<b><math>I_{AP}/I_{ML}</math></b>	Mean	1.217	1.265	1.554	1.667
	SE	0.070	0.053	0.129	0.079
	N	3	9	8	15



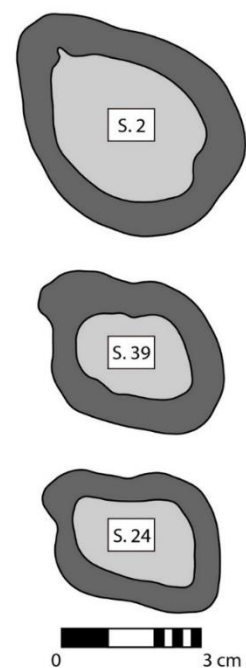


**[Figure 6** Boxplot representation of the Polar moment of inertia (J (%)) values in each period showing differences in torsional resistance values.

Finally, the morphological analysis of the obtained cross-sections of the shaft diaphysis was performed. This analysis differentiated morphologies that can be grouped into 3 main types (Figure 7).

The first type (T1) has a round outline

with a protuberance due to the lateral condyle. In the second type (T2), the protuberance of the condyle is maintained, but the rest of the outline acquires a more angular aspect. In the third type (T3), both condyles maintain similar sizes, which gives the section a rectangular profile. This morphological ascription is relevant if one takes into account its temporal distribution, since T1 is documented mainly during Period 1 and is also associated with wild specimens. In the same line, T3 is most frequent during P3. Nonetheless, T2 seems equally distributed between Periods 2 and 3 (Table 4).



**Figure 7** Examples of the three outline shape types documented in the cross-sections. From top to bottom, T1 (Sample 2), T2 (Sample 39), T3 (Sample 24).

**Table 4** Section outline morphotype (T1, T2 and T3) abundance for each of the defined groups, Wild, Period 1 (P1), Period 2 (P2) and Period 3 (P3).

	T1	T2	T2	N
<b>Wild</b>	3	0	0	3
<b>P1</b>	7	0	2	9
<b>P2</b>	1	3	4	8
<b>P3</b>	2	4	9	15
<b>N</b>	13	12	10	

## V. DISCUSSION

Animal domestication (*i.e.*, goat domestication processes) has traditionally been studied through morphometric analysis in combination with mortality profile patterns (Peters et al. 1999). One of the prominent agents in this matter has been the inclusion of biogeochemical studies (Tornero and Saña 2008; Tornero 2011; Wiener and Wilkinson 2011). Isotopic analyses carried out on samples recovered at Neolithic archaeological sites in the Northern and Southern Levant (Lösch et al. 2006; Makarewicz et al. 2016; Tornero et al. 2016b) suggested a wide variety of synchronic caprine culling practices, reflecting geographic as well as temporal differences in the adoption of goat husbandry. Early evidences of domestic goats in this region are hypothesised for Nevalı Çori (Peters et al. 2005) dating back to c. 8500 cal BC and are supported by a slight reduction in size (which does not occur for gazelles and bovids), a large majority of female and immature individuals and an overrepresentation of caprines in the following levels of the site.

Although a higher number of samples would be desirable, the present application studying humeri cross-sections was able to measure several strength-related bone parameters and observe their evolution and variations through a sequence of 2000 years. Among the results obtained, the first question to be taken into account is the progressive decrease in the observed size during the chronological sequence at tell Halula. The reduction in size is one of the factors generally accepted as a marker, not necessarily

unambiguous, of domestication processes (Helmer 1992; Peters et al. 2005; Vigne 2011; Zeder 1999, 2000). The causes of this reduction in size have to be considered, among other factors, within the human selective pressures applied to the species. The detection in the same settlement of tell Halula during the MPPNB of biannual reproduction patterns in goats (Torneró 2011), the prior killing of specimens in their growth stage (Saña 1999) and a markedly decreased size in relation to its wild agriotype (Saña 1999), indicated the presence of domestic goat (*Capra hircus*) from the oldest occupations at tell Halula. It is interesting to note that sheep was not introduced in this site until Occupation Phase 8 (7590-7520 cal BC) in parallel with an increase in the importance of goat-herding. It is not until the end of the MPPNB when sheep replaced and overtook the economic importance of goats (Saña and Torneró 2012; Torneró et al. 2016a). The economic importance of goat herding could favour, as pointed out by some of the results obtained, changes in the living conditions of these animals which would affect their mobility and physical activity patterns.

The results show how the relative amount of cortical mass (C/D ratio, Ct.Ar/Tt.Ar) generally tends to decrease progressively over time, although the rate of decrease of the cortical mass is not directly related to the reduction in size. Both ratios show different values for individuals of similar size. In the case of *Capra aegagrus*, for example, the three analysed specimens have a relative amount of cortical mass (Ct.Ar./Tt.Ar = 59.25 (s. 3), 58.99 (s. 6), 52.89 (s. 2); C/D ratio = 30.90 (s. 3), 28.16 (s.6), 30 (s.2)) lower than a good number of smaller specimens, such as Samples 40 (62,49; 35,03), 39 (64,74; 31,43) and 14 (59,61; 32,10).

As Ct.Ar is an indicator of the tension and compression loads that the bone has supported (Nordin and Frankel 2000), it is possible to interpret these results as a reflection of the volume of activity that the bone had to cope with and, therefore, of the animal, in the sense of the animal's weight that the bone had to carry. On the other hand, it is necessary to take into account that Ct.Ar varies according to the Tt.Ar, that is to say, to the bone size, meaning that wide bones have expectedly higher absolute Ct.Ar but lower relative cortical area (Ct.Ar/Tt.Ar or C/D) than narrow bones (Jepsen et al 2007; Jepsen et al. 2015). This explains why, when the C/D ratio is related to size, domestic specimens appear more robust than wild ones. The most significant cases are documented, however, during P3, when two inverse

dynamics are differentiated. None of these dynamics is limited to specific phases of occupation. In contrast, from the OP 1 to OP 10 the registered dynamics are significantly homogeneous. During the pre-Halaf occupations, a change in goat herd management strategies would be developing, which would imply an apparent lower volume of activity of part of the flock. There is no direct correlation of this fact with the body size of the specimens, which prevents, in all cases, these differences being attributed to sexual dimorphism. In this sense, although sexual dimorphism should not be an accountable variable, a differential management of males and females might result in an interesting point to interpret with our data.

The results obtained with the calculation of the moments of inertia raise several interesting questions regarding changes in goat activity patterns during the occupation of tell Halula. It can be considered that the greater the loads received (*i.e.* more intense, more recurrent, more durable), the higher the values of the moment of inertia. Moreover, we should expect higher values in  $I_{AP}$  than in  $I_{ML}$ , as it relates to the main displacement direction of goats and is thus more constantly exposed to bending loads, which refers to bone growth reacting to loading intensity, movement iteration or time of exposition (Main and Biewener 2004). This approach individualizes a group of specimens clearly differentiated from the rest because of their high  $I$  values, which we can relate to a higher mobility regime. This group includes the three specimens of *Capra aegagrus* and samples number 20, 33 and 54, the first two associated with P1 and the latter with P3. These samples correspond to individuals of undoubtedly smaller size than *Capra aegagrus* but which, despite this, show similar bending strength values. In this sense, it is important to highlight that, in addition to their high values, both moments of inertia present similar values and, therefore, a high index of circularity. These values could be indicative of a varied mobility, with frontal and lateral displacements alike that cause loads on the bone from multiple directions (Main and Biewener 2004; Shackelford et al. 2013). For the rest of the samples from P1, the values of the moments of inertia decrease in comparison with the maximum activity reference group, although they maintain circularity index values close to 1. This suggests that these individuals may be incurring in loading patterns similar to those of the *Capra aegagrus* group, even if coupled with a lower intensity or

recurrence. The dynamics documented for P2 and P3 are more complex, as they show a wider range of variability in  $I$  values and a fluctuating imbalance between both parameter values.

Both Periods 2 and 3 show two clear and matching differentiated groups polarizing around higher ( $n=13$ ;  $I_{AP}=15.71$ ;  $\sigma^2=1.15$ ;  $I_{ML}=10.97$ ;  $\sigma^2=2.83$ ) or lower  $I$  values ( $n=16$ ;  $I_{AP}=11.98$ ;  $\sigma^2=1.72$ ;  $I_{ML}=7.72$ ;  $\sigma^2=3.30$ ), which could be interpreted as indicative of higher or lower activity patterns. However, samples corresponding to P2 seems to belong more to the group with low  $I$  values (meaning lower activity), while samples from P3 are distributed more homogeneously between both groups. It should also be said that the samples from Period 1 are not associated with the wild specimens, which also show a similar grouping.

Additionally, the variability in the values of  $I_{ML}$ , that is, the variability in the levels of bending loadings received laterally, is also worth noticing. This variability clearly influences the circularity index values, where individuals with high circularity values (close to 1) are perceived along with specimens whose circularity index exceeds the ratio of 2:1. This situation can be related to the reduction of lateral movements in these individuals, thus indicating different loading regimes which may be related to a different mobility, probably focused on a forward displacement. Therefore, different groups seem to be defined based on the volume of activity and the type of displacement (or, perhaps, degree of freedom). If we look into the polar moment of inertia, the torsional resistance values define similar dynamics, identifying the same groups. On one hand, the maximum torsional loading group is maintained with the three specimens of *Capra aegagrus* and Samples 20, 33 and 54. If we take a look at the size of these three samples, Samples 33 and 54 are similar in size, while sample 20 is consistently smaller. Coincidentally, when taking  $Bd$  and  $h$  values from tell Halula *Capra humeri* against a reference sample of male and female wild goat specimens from Abou Gosh (Ducos 1978), these three samples, especially Samples 33 and 54, fall in the same size range as the Abou Gosh female goats. Although we must note that most of the Halula domestic specimens fall within that range, just these three samples show similar patterns to those of the previously identified wild specimens which, in this sense, match the Abou Gosh male wild samples. Additionally, the classification of the samples according to the three established representative types of cross-section morphology can also be ordered at a temporal level in consonance

with these results. More concretely, a certain correspondence can be established between individuals with circularity indexes close to 1 and Period 1. At the same time, T2 only appears during P2 and P3, and T3 is mostly represented during P3 when the most extreme values of all the analysed samples are recorded.

The results allow us to consider the coexistence of diverse goat management strategies in the course of the occupation sequence at tell Halula. The data from P1 suggest a relatively homogeneous level of activity for the goat population with a non-restricted freedom of movement that is reflected in bone development similar to that of wild goats. For P2 and P3 greater variability is evidenced, with the presence of individuals with, possibly, different levels of activity and different degrees of freedom of movement. Given that the samples analysed actually belong to different occupation phases and, consequently, to different flocks, it is difficult to consider the coexistence of different practices, although it is interesting that the evaluated parameters show different dynamics throughout the analysed sequence and that these dynamics are not directly correlated with the documented decrease in size. The detection of individuals of relatively smaller size with loading patterns similar to (or even associated with) those of *Capra aegagrus* is also highly significant, as it is evidencing differential treatment among the specimens comprising the domestic sample. This reveals, at least, one practice that mainly generates anteroposterior strains (reducing lateral displacement) and one that maintains a multidirectional strain (therefore indicating a probable varied mobility). Accordingly, there is a wide range of management strategies that should be taken into consideration. Some possible explanations for these differences among the domestic specimens might relate to differential management of individuals according to their exploitation and thus, in some sense, also to their sex. While sexual dimorphism should not be an issue directly affecting our data, we must take into account that a major product such as milk can only be obtained from females, and this could certainly be the cause of differential management. In this sense, we should consider all possible approaches to herding and their consequences mobility-wise. A full enclosure and confinement of the animals would reflect low torsional values, and probably a situation close to brittle bones. Enclosure in wide spaces would give a better chance for movement, yet still reduced, thus reflecting low mobility patterns. Higher mobility strategies would probably reflect

seasonal movement of the herds or some kind of nomadic pastoralism, which include recurrent displacement and interaction with different kinds of landscapes and ground underfoot. Also as previously stated, the three small specimens grouping with *Capra aegagrus* specimens might relate to those specimens being female wild goats. In a similar sense, trapping wild specimens and breeding them with the herd or recapturing domestic escapees might result in distinct mobility options.

Similar hypothesis have also been considered in previous studies regarding different species and methodological approaches (Evin et al. 2014; Price and Evin 2019). A straight line of domestication is no longer imaginable. Capturing young wild specimens and raising them as domestics or capturing adults are both plausible options. Bearing in mind the nature of goats, it is also feasible for some to escape or leave the herd once already domesticated, and continue to live in the wild.

Taking into consideration the criteria used up to this point, raising young wild specimens as domestic resources will most probably result in bones showing an adaptation to domestic movement “limitations”. In a similar way, domestic escapees’ bones might readapt, given enough time, to their new wild life. At the same time, the descendants of these escapees living in the wild, while domestic, will show adaptation to wild mobility. What should define the specimens we are analysing is not their degree of domestication as much as how long and in which manner they moved during their lives as wild or captive individuals.

## **VI. CONCLUDING REMARKS**

Computed tomography (CT) was able to reveal changes in the morphology and the development of the distal diaphysis of *Capra humeri* throughout the occupation of tell Halula. The calculation of the amount of cortical mass, either through the C/D ratio or through the area of the cortex, allows us to observe differential developments of the cortical mass that do not necessarily depend on the size of the individuals, so that the activity carried out by the animal in life becomes an extremely important factor in the conformation and growth of the bone.

The physical parameters of the section of the humeri allowed an assessment of the directionality and the intensity of the loads received, evidencing the existence of different mobility or activity regimes

throughout the sequence that could be related to the implementation of various livestock maintenance strategies.

Additionally, we have been able to observe how the geometry of the humeri sections also reflects some shape variations that could be linked to these same changes suggested by the physical parameters addressed in this paper. Shape variations between wild and domestic animal populations is a widely addressed topic that has received especially significant attention in the last decade with remarkable results (Cucchi 2008; Cucchi et al. 2011; Evin et al. 2013) in identifying human selective pressures and inferring domestication statuses. Geometric morphometrics could be implemented to analyse the shape of the cross-section and study these bone changes through time thus contributing to our understanding of the human selective pressures resulting from the different management strategies implemented.

The future and further development of cross-section analysis requires the integration in the analysis, as far as possible, of other long bones (tibia, femur, radius) that enable a broader vision of bone development in response to the received loadings. At the same time, we suggest that it is necessary for a correct interpretation of the results to create a broad reference database (Zeder 2001) to associate with a certain degree of reliability the different patterns of mobility detected in specific livestock practices. Correctly assessing the probable real practices behind the different loading patterns is essential if we aim to understand the shifts in animal management strategies linked to neolithization. Studying modern reference datasets with monitored-controlled factors affecting mobility regimes would help the interpretation of our archaeological data.

As a matter of fact, we must underscore the need to continuously and actively search for, explore and improve alternative techniques and methods of analysis in archaeozoology in order to complement, correct or increase our knowledge of animal domestication. However much we already know, it's still just the tip of the hoof.



## **ACKNOWLEDGMENTS**

This work was funded by the Ministerio de Economía y Competitividad (Spain), through the projects HAR2014-60081-R of M. Saña and HAR2016-78416-P of M. Molist and was performed in the framework of the research teams GRLA (UAB-1792) (Grup de Recerca del Laboratori d'Arqueozoologia, UAB) and GRAMPO (2014 SGR 1248) (Grup de Recerca en Arqueologia del Mediterrani i del Proper Orient). Dr C. Tornero acknowledges the Beatriu de Pinós Post-doctoral fellowship (BP-MSCA Cofound code 2016-00346) from the AGAUR, Government of Catalonia, Spain. J. Fortuny acknowledges support from CERCA program (Institut Català de Paleontologia M. Crusafont, ICP). The authors would like to thank the Hospital Universitari Mútua de Terrassa for their selfless collaboration with the CT scanning procedures, and CT scanning technician Alfredo López-García and colleagues for their passionate assistance. The authors would also like to thank Peter Smith for the language revision of the text.

## References Cited

Alcàntara Fors, R.

2014 Aplicació de la morfometria geomètrica a l'estudi de la domesticació animal: l'exemple de la vall mitjana de l'Èufrates. Master's thesis, Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona.

American Society of Agricultural Engineers (ASAE)

2003 Shear and three-point bending test of animal bone. *ANSI/ASAE S459 DEC01*.

Balasse, M., D. Frémondeau, and C. Tornero

2015 Rythmes saisonniers des élevages préhistoriques en Europe tempérée: l'outil isotopique traceur de la distribution des naissances du cheptel domestique. *Les Nouvelles de l'Archéologie* 137: 55–69.

Bar-Gal, G. K., P. Ducos, and L. K. Horwitz

2003 The Application of Ancient DNA Analysis to Identify Neolithic Caprinae: A Case Study from the Site of Hatoula, Israel. *International Journal of Osteoarchaeology* 13: 120–131.

Blaise, E., and M. Balasse

2011 Seasonality and season of birth of modern and late Neolithic sheep from south-eastern France using tooth enamel  $\delta^{18}\text{O}$  analysis. *Journal of archaeological Science* 38(11): 3085–3093.

Carlson, K. J., and S. Judex

2007 Increased non-linear locomotion alters diaphyseal bone shape. *Journal of Experimental Biology* 210(17): 3117–3125.

Cucchi, T.

2008 Uluburun shipwreck stowaway house mouse: molar shape analysis and indirect clues about the vessel's last journey. *Journal of Archaeological Science* 35(11): 2953–2959.

Cucchi, T., A. Bălăşescu, C. Bem, V. Radu, J.-D. Vigne, and A. Tresset

2011 New insights into the invasive process of the eastern house mouse (*Mus musculus musculus*): Evidence from the burnt houses of Chalcolithic Romania. *The Holocene* 21(8): 1195–1202.

Currey, J. D.

2013 *Bones: structure and mechanics*. Princeton University Press, Princeton.

Daegling, D. J.

2002 Estimation of torsional rigidity in primate long bones. *Journal of Human Evolution* 43(2): 229–239.

Daly, P., D. Perkins, Jr., and I. M. Drew

1973 The effects of domestication on the structure of animal bone. *Domestikationsforschung und Geschichte der Haustiere. Internationale Symposium in Budapest 1971*: 157–161.

Drew, I. M., Dexter Perkins, Jr., and P. Daly

1971 Prehistoric domestication of animals: effects on bone structure. *Science* 171(3968): 280–282.

Ducos, P.

1968 *L'origine des animaux domestiques en Palestine*. Publications de l'Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux, Vol. 6. Delmas, Bordeaux.

Ducos, P.

1978 La faune d'Abou Gosh. Proto-élevage de la chèvre en Palestine au Néolithique Pré-céramique. In *Abou Gosh et Beisamoun. Deux gisements du VII millénaire avant l'ère chrétienne en Israël*, edited by M. Lechevalier, pp. 107–120. Mémoires et Travaux du Centre de Recherches Préhistoriques Français de Jérusalem, Vol. 2. Paléorient, Paris.

Evin, A., T. Cucchi, A. Cardini, U. Strand Vidarsdottir, G. Larson, and K. Dobney

2013 The long and winding road: identifying pig domestication through molar size and shape. *Journal of Archaeological Science* 40(1): 735–743.

Evin, A., T. Cucchi, G. Escarguel, J. Owen, G. Larson, U. Strand Vidarsdottir, K. Dobney

2014 Using traditional biometrical data to distinguish West Palearctic wild boar and domestic pigs in the archaeological record: new methods and standards. *Journal of Archaeological Science* 43: 1–8

Gilbert, A. S.

1989 Microscopic bone structure in wild and domestic animals: a reappraisal. *The Museum Applied Science Center for Archaeology (MASCA). Research Papers in Science and Archaeology*. Special Supplement to 6: 47–86.

Hammer, Ø., D. A. T. Harper, and P. D. Ryan

2001 Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 4.

Helmer, D., and M. Rocheteau

1994 *Atlas du squelette appendiculaire des principaux genres holocènes de petits ruminants du nord de la Méditerranée et du Proche-Orient (Capra, Ovis, Rupicapra, Capreolus, Gazella)*. Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie. Série B, Mammifères 4. APDCA, Juan-les-Pins.

Helmer, D.

1985 Étude préliminaire de la faune de Cafer Höyük (Malatya-Turquie). *Cahiers de l'Euphrate* 4 : 117–120.

Helmer, D.

1988 Les animaux de Cafer et des sites précéramiques du sud-est de la Turquie: essai de synthèse. *Anatolica* 15: 37–48.

Helmer, D.

1991 Les changements des stratégies de chasse dans le Néolithique précéramique de Cafer Höyük est (Turquie). *Cahiers de l'Euphrate* 5-6: 131–138.

Helmer, D.

1992 *La domestication des animaux par les hommes préhistoriques*. Collection Préhistoire. Masson, Paris.

Helmer, D., L. Gourichon, H. Monchot, J. Peters, and M. Saña Seguí

2005 Identifying early domestic cattle from the Pre-Pottery Neolithic sites on the Middle Euphrates using sexual dimorphism. In *Proceedings of the 9th International Council of Archaeozoology. First Steps of Animal Domestication: New Archaeozoological Approaches*: 86-94. Oxbow Books, Oxford.

Hiney, K. M., B. D. Nielsen, D. Rosenstein, M. W. Orth, and B. P. Marks

2004 High-intensity exercise of short duration alters bovine bone density and shape. *Journal of animal science* 82(6): 1612–1620.

Jepsen, K. J., B. Hu, S. M. Tommasini, H.-W. Courtland, C. Price, C. J. Terranova, and J. H. Nadeau

2007 Genetic randomization reveals functional relationships among morphologic and tissue-quality traits that contribute to bone strength and fragility. *Mammalian Genome* 18(6-7): 492–507.

Jepsen, K. J., M. J. Silva, D. Vashishth, X. E. Guo, and M. van der Meulen

2015 Establishing biomechanical mechanisms in mouse models: practical guidelines for systematically evaluating phenotypic changes in the diaphyses of long bones. *Journal of Bone and Mineral Research* 30(6): 951–966.

Lösch, S., G. Grupe, and J. Peters

2006 Stable isotopes and dietary adaptations in humans and animals at pre-pottery Neolithic Nevalı Çori, southeast Anatolia. *American Journal of Physical Anthropology* 131(2): 181–193.

Main, R. P., and A. A. Biewener

2004 Ontogenetic patterns of limb loading, in vivo bone strains and growth in the goat radius. *Journal of Experimental Biology* 207(15): 2577–2588.

Makarewicz, C. A., L. K. Horwitz, and A. N. Goring-Morris

2016 Local adoption of animal husbandry in the Southern Levant: an isotopic perspective from the Pre-Pottery Neolithic B funerary site of Kfar HaHoresh. *Environmental Archaeology. The Journal of Human Palaeoecology* 21(3): 199–213.

Makarewicz, C. A., and N. Tuross

2012 Finding fodder and tracking transhumance: isotopic detection of goat domestication processes in the Near East. *Current Anthropology* 53(4): 495–505.

Museum Applied Science Center for Archaeology (MASCA)

1970 Bone from Domestic and Wild Animals: Crystallographic Differences. *MASCA Newsletter* 6(1): 2.

Museum Applied Science Center for Archaeology (MASCA)

1973 Technique for Determining Animal Domestication Based on Study of Thin Sections of Bone Under Polarized Light. *MASCA Newsletter* 9(2): 1-2.

Molist Montaña, M. (Editor)

2013 *Tell Halula: un poblado de los primeros agricultores en el valle del Éufrates, Siria*. Secretaría General Técnica, Subdirección General de Documentación y Publicaciones, Madrid.

Nazem, M. N., A. Sadeghi, and A. Mostafavi

2015 Radiographic Assessment of Bone Cortex to Bone Diameter Ratio of Radius, Tibia, Metacarpus, Metatarsus and Proximal Phalanx of Fore and Hindlimbs in Miniature Donkey. *Iranian Journal of Veterinary Surgery* 10(2): 49–57.

Niinimäki, S., and Salmi, A.-K.

2014 Enteseal Changes in Free-Ranging Versus Zoo Reindeer — Observing Activity Status of Reindeer. *International Journal of Osteoarchaeology* 26(2): 314–323.

Nordin, M., and V. H. Frankel (editors)

2001 *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Lippincott Williams & Wilkins, New York.

O'Regan, H. J., and A. C. Kitchener.

2005 The effects of captivity on the morphology of captive, domesticated and feral mammals. *Mammal Review* 35(3-4): 215–230.

Peters, J., A. von den Driesch, and D. Helmer

2005 The upper Euphrates-Tigris basin: Cradle of agro-pastoralism? In *Proceedings of the 9th International Council of Archaeozoology. First Steps of Animal Domestication: New Archaeozoological Approaches*: 96–124. Oxbow Books, Oxford.

Peters, J., A. von den Driesch, D. Helmer, and M. Saña Seguí

1999 Early animal husbandry in the Northern Levant. *Paléorient* 25(2): 27–48.

Price, M. D., and A. Evin

2019 Long-term morphological changes and evolving human-pig relations in the northern Fertile Crescent from 11,000 to 2000 cal. BC. *Archaeological and Anthropological Science* 11(1): 237-251.

Ruff, C. B., and W. C. Hayes

1983 Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae. A biomechanical investigation: I. Method and general patterns of variation. *American journal of physical anthropology* 60(3): 359–381.

Ruff, C. B.

2000 Body size, body shape, and long bone strength in modern humans. *Journal of Human Evolution* 38(2): 269–290.

Ruff, C. B., E. Trinkaus, A. Walker, and C. Spencer Larsen

1993 Postcranial robusticity in Homo. I: Temporal trends and mechanical interpretation. *American journal of physical anthropology* 91(1): 21–53.

Ruff, C. B., B. Holt, and E. Trinkaus

2006 Who's afraid of the big bad Wolff? “Wolff's law” and bone functional adaptation. *American journal of physical anthropology* 129(4): 484–498.

Saña Seguí, M., and C. Tornero

2008 Consumption of animal resources at the sites of Akarçay Tepe and Tell Halula (Middle Euphrates Valley, 8th-6th millennia cal. BC). *Travaux de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée*, 49(1), 153–167.

Saña Seguí, M., and C. Tornero

2012 Use of animal fibres during the neolithisation in the Middle Euphrates Valley: an archaeozoological approach. *Paléorient* 38(1-2), 79–91.



2013 La gestión de los recursos animales en tell Halula: nuevas hipótesis y aproximaciones metodológicas para el estudio de domesticación animal y producción ganadera. In *Tell Halula: un poblado de los primeros agricultores en el valle del Éufrates, Siria 2*, edited by Miquel Molist pp. 277–332. Secretaría General Técnica, Subdirección General de Documentación y Publicaciones.

Saña Seguí, M.

1999 *Arqueología de la domesticación animal: La gestión de los recursos animales en Tell Halula (Valle del Éufrates, Siria) del 8.800 al 7.000 BP*. Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d'Antropologia Social i Prehistòria.

2000 Animal resource management and the process of animal domestication at tell Halula (Euphrates Valley-Syria) from 8800 BP to 7800 BP. *Proceedings of the 4th International Symposium on the Archaeozoology of Southwestern Asia and Adjacent Areas. Archaeozoology of the Near East IV A*: 242–256. Oxbow Books, Oxford.

Schneider, C. A., W. S. Rasband, and K. W. Eliceiri

2012 NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods* 9(7): 671–675.

Shackelford, L., F. Marshall, and J. Peters

2013 Identifying donkey domestication through changes in cross-sectional geometry of long bones. *Journal of Archaeological Science* 40(12): 4170–4179.

Shaw, C. N., and J. T. Stock

2009 Intensity, repetitiveness, and directionality of habitual adolescent mobility patterns influence the tibial diaphysis morphology of athletes. *American Journal of Physical Anthropology* 140(1): 149–159.

Stock, J. T., and A. Macintosh

2016 Lower limb biomechanics and habitual mobility among mid-Holocene populations of the Cis-Baikal. *Quaternary International* 405: 200–209.

Stock, J. T., and S. K. Pfeiffer

2004 Long bone robusticity and subsistence behaviour among Later Stone Age foragers of the forest and fynbos biomes of South Africa. *Journal of Archaeological Science* 31(7): 999–1013.

Stock, J. T.

2002 A test of two methods of radiographically deriving long bone cross-sectional properties compared to direct sectioning of the diaphysis. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12(5): 335–342.

2006 Hunter-gatherer postcranial robusticity relative to patterns of mobility, climatic adaptation, and selection for tissue economy. *American Journal of Physical Anthropology* 131(2): 194–204.

Tornero, C., and M. Saña Seguí

2008 Consideraciones metodológicas y técnicas sobre la obtención de muestras en restos dentarios de ungulados para la medición isotópica. Ejemplos de Tell Halula 7700-7000 cal ANE (Valle Medio del Éufrates, Siria). *Actas del VII Congreso Ibérico de Arqueometría (VII CIA) 2007*: 108–120

Tornero, C.

2011 Estrategias de gestión, explotación y apropiación del ganado en las primeras Sociedades Campesinas del Levante Oriental. Integración de los análisis morfobiométricos y biogeoquímicos al ejemplo de Tell Halula (Valle Media del Éufrates, República Árabe de Siria). PhD dissertation, Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona.

Tornero, C., M. Balasse, M. Molist, and M. Saña Seguí

2016a Seasonal reproductive patterns of early domestic sheep at Tell Halula (PPNB, Middle Euphrates Valley): Evidence from sequential oxygen isotope analyses of tooth enamel. *Journal of Archaeological Science: Reports* 6: 810–818.

Tornero, C., M. Molist, and M. Saña Seguí

2016b Adoption, intensification and manipulation of sheep husbandry at Tell Halula, Syria, during the Middle to Late PPNB. In *Proceedings of the 11th International Symposium on the Archaeozoology of Southwestern Asia and Adjacent Areas. Bones and Identity. Zooarchaeological Approaches to Reconstructing Social and Cultural Landscapes in Southwest Asia: 73–86*. Oxbow Books, Oxford.

Vigne, J.-D.

2011 The origins of animal domestication and husbandry: a major change in the history of humanity and the biosphere. *Comptes rendus biologies* 334(3): 171-181.

Von den Driesch, A.

1976 *A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites: as developed by the Institut für Palaeoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin of the University of Munich*. Peabody Museum Press, Cambridge.

Wiener, P., and S. Wilkinson

2011 Deciphering the genetic basis of animal domestication. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 278(1722): 3161–3170.

Wolff, J.

2012 [1892] *The law of bone remodelling*. Translated by Paul Maquet and Ronald Furlong. Springer Science & Business Media, Berlin.

Zeder, M. A.

1999 Animal domestication in the Zagros: a review of past and current research, *Paléorient* 5: 11–26

1978 Differentiation between the bones of caprines from different ecosystems in Iran by the analysis of osteological microstructure and chemical composition. *Approaches to faunal analysis in the Middle East* 2: 69.

2001 A Metrical Analysis of a Collection of Modern Goats (*Capra hircus aegargus* and *C. h. hircus*) from Iran and Iraq: Implications for the Study of Caprine Domestication. *Journal of Archaeological Science* 28(1): 61–79.

Zeder, M. A., and B. Hesse

2000 The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros Mountains 10,000 years ago. *Science* 287(5461): 2254–2257.

## LIST OF TABLES AND FIGURES

**Figure 1** Measurements on the cross-sections. A+B=Cortical thickness (Ct.Th), D=Mediolateral breadth of the section (ML), E=Mediolateral breadth of the marrow (ml), G=Anteroposterior breadth of the section (AP), F= Anteroposterior breadth of the marrow (ap), Ct.Ar=Cortical area, Ma.Ar=Marrow area, Tt.Ar=Subperiosteal area.

**Figure 2** Standard error diagram of distal breadth (Bd) and minimum height of the trochlea (h). Tell Halula wild goats (W HL; N=3), tell Halula domestic goats (P1; N=9, P2; N=8 and P3; N=15), Near Eastern wild goats [W NE; Includes samples from Abou Gosh (Ducos, 1978) (N=20), Munhatta (Ducos, 1968) (N=1) and Cafer Höyük (Helmer, 1985; 1988; 1991) (N=1)]. P1 (Period 1), P2 (Period 2) and P3 (Period 3).

**Figure 3** Bivariate graph of the Cortical Area (Ct.Ar) and the Total Area (Tt.Ar) of the 35 cross-sections analysed within their corresponding group of analysis. Ellipses mark the main concentrations of values for each group.

**Figure 4** Bivariate graph of distal breadth of the humerus (Bd) and C/D ratio log values of the 35 analysed samples within their corresponding group of analysis.

**Figure 5** Bivariate plot of the anteroposterior moment of inertia ( $I_{AP}$  (%)) and the mediolateral moment of inertia ( $I_{ML}$ ). Values were standardized by the geometric average of Bd, Bt, H and h raised to the fourth power.

**Figure 6** Boxplot representation of the Polar moment of inertia (J (%)) values in each period showing differences in torsional resistance values.

**Figure 7** Examples of the three outline shape types documented in the cross-sections. From top to bottom, T1 (Sample 2), T2 (Sample 39), T3 (Sample 24).

**Table 1** Kruskal-Wallis test results of Bd values between *Capra aegagrus* (Wild; N=3) and *Capra hircus* (Period 1 (P1; N=9), Period 2 (P2; N=8) and Period 3 (P3; N=15) with a statistical significance probability threshold of  $\alpha = 0.05$ .

**Table 2** Reduced Major Axis Regression (RMA) results between Cortical area and Total area of the cross-section (Ct.Ar-Tt.Ar.) and between distal breadth and C/D ratio (Bd-C/D Ratio)

**Table 3** Cross-sectional geometric properties (mean and standard error values) for *Capra aegagrus* (wild) and *Capra* during Period 1, Period 2 and Period 3. Relative amount of cortical bone (C/D ratio; Ct.Ar./Tt.Ar); anteroposterior moment of inertia, anteroposterior bending strength ( $I_{AP}$  (%)), mediolateral moment of inertia, mediolateral bending strength ( $I_{ML}$ ), polar moment of inertia, torsional strength ( $J$  (%)) and circularity index ( $I_{AP}/I_{ML}$ ).

**Table 4** Section outline morphotype (T1, T2 and T3) abundance for each of the defined groups, Wild, Period 1 (P1), Period 2 (P2) and Period 3 (P3).