



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  
FALCULTAT DE FILOSOFIA I LLETRES  
DEPARTAMENT DE PREHISTÒRIA**

**DOCTORAT EN ARQUEOLOGIA PREHISTÒRICA**

**Domesticación animal y primeras prácticas ganaderas en  
el noreste peninsular (5500-4500 cal BC).**

**Integración de los análisis bioquímicos en arqueozoología**

Vanessa Navarrete Belda

Directores:

**Dra. Maria Saña**

Departament de Prehistòria (UAB)

**Dr. André Carlo Colonese**

University of York

2017

A mis padres,

*«Si se calla el cantor, muere la rosa»*

Mercedes Sosa

La presente tesis doctoral se ha realizado en el marco de los proyectos de investigación:

*-Producción animal y cerámica en el neolítico peninsular. Estudio biogeoquímico integrado del consumo y las prácticas culinarias.* (HAR2014-60081-R). Financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, y dirigido por la Dra. Maria Saña y el Dr. Xavier Clop (Universitat Autònoma de Barcelona).

*-Domesticación animal y prácticas ganaderas en el Occidente Mediterráneo (9300-2500 CAL BC).* (HAR2011-25826). Financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, y dirigido por la Dra. Maria Saña (Universitat Autònoma de Barcelona).

Y en el marco del grupo de investigación GRAMPO (Grup de Recerca Arqueològica de la Mediterrània i Pròxim Orient) y GRLA (Grup de Recerca del Laboratori d'Arqueozoologia).

## Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a Maria Saña y André Colonese por dirigir esta tesis e invertir tantas horas de trabajo y de paciencia. Agradecerles haberme formado como investigadora, tanto en lo profesional como en lo personal.

A Jordi Estévez, por su acogida en el *Laboratori d'Arqueozoologia* (UAB), y a todas las compañeras de laboratorio por el afecto y apoyo que han demostrado día a día.

Agradecer al equipo del *Laboratori d'Antropologia biològica* (UAB) por la confianza depositada, en especial a Núria Sánchez y a Jessica Martínez por la ayuda y el ánimo en esta etapa. Mi sincero agradecimiento a Eulalia Subirà, por todo el tiempo invertido en mi formación y por su ayuda constante.

A Pau Comes, Núria Moraleda y Ferrán Colomer del equipo del *ICTA* (UAB) por todo su apoyo y paciencia. En especial a Antoni Rosell por el apoyo y confianza invertido en este trabajo.

A Evin Allowen, por su ayuda incondicional y su tiempo invertido en mi formación y en discusiones sobre la talla y forma de los cerdos.

Quiero agradecer a los directores de las excavaciones arqueológicas que han depositado en mí su confianza para el análisis arqueozoológico y biomolecular de los restos de fauna:

-La Draga: Raquel Piqué, Antoni Palomo, Xavier Terradas, Maria Saña, Ramón Buxó, Julia Chinchilla, Àngel Bosch y Josep Tarrús.

-Cova del Frare: Araceli Martín

-Can Sadurní: Manuel Edo, Anna Blasco y Pepa Villalba

-Serra de Mas Bonet: Antoni Palomo y Rafel Rosillo

-Reina Amàlia: Javier González, Karin Harzbecher, Anna Rodríguez, Miquel Molist, Anna Gómez

-Caserna de Sant Pau: Robert Farré, Miquel Molist, Anna Gómez

-Cova del Sardo: Ermengol Gassiot

Mi más sentido agradecimiento a todos los coautores de los artículos que componen la presente tesis. Gracias por vuestro tiempo, conocimiento, discusión y paciencia. Quiero hacer públicos

mis agradecimientos a Ferrán Antolín por todo el conocimiento aportado en esta tesis doctoral, por toda su ayuda y disponibilidad en la discusión de parte de los datos de este trabajo. A Carlos Tornero, por las horas invertidas la discusión de esta tesis doctoral y, por su paciencia.

Agradecer a Ermengol Gassiot y a Nacho Clemente, por su confianza y discusión de los resultados de los yacimientos de alta montaña.

Por último, quiero agradecer a los miembros del tribunal de la presente tesis doctoral: Dr. Miquel Molist, Dra. Bea De Cupere, Dr. Lionel Gourichon, Dra. Raquel Piqué y a la Dra. Silvia Valenzuela.

# ÍNDICE

I. Introducción.....	5
II. Objetivos.....	8
III. Estructura de la tesis.....	9
<b>Capítulo 1. Neolítico, domesticación y neolitización de la Península Ibérica: estado de la cuestión.....</b>	<b>13</b>
1.1. Introducción.....	13
1.2. Marco conceptual: el origen del Neolítico. Concepto y modelos explicativos propuestos en torno a sus causas.....	13
1.3. Sobre los conceptos de domesticación animal y de ganadería.....	19
1.4. Neolítico, domesticación animal y prácticas ganaderas iniciales en la Península Ibérica.....	21
<b>Capítulo 2. Materiales y métodos.....</b>	<b>25</b>
2.1. Marco temporal.....	25
2.1.1. El Mesolítico (ca. 13000-5500 cal ANE) .....	26
2.1.2. El Neolítico Inicial (ca. 5500-4400 cal ANE) .....	27
2.1.3. El Neolítico Medio (ca. 4400-3300 cal ANE) .....	28
2.1.4. El Neolítico Final (ca. 3200-2000 cal ANE) .....	29
2.2. Marco espacial.....	30
2.2.1. Yacimientos y conjuntos arqueológicos analizados.....	30
2.2.1.1. La Draga (Banyoles, Girona).....	31
2.2.1.2. Reina Amàlia (Barcelona).....	35
2.2.1.3. Caserna de Sant Pau del Camp (Barcelona).....	37
2.2.1.4. Cova del Frare (Matadepera, Barcelona).....	40
2.2.1.5. Can Sadurní (Begues, Barcelona).....	42
2.2.1.6. Serra de Mas Bonet (Vilafant, Girona).....	45
2.2.1.7. Plansallosa (Tortellà, Girona).....	48
2.2.1.8. Cova del Vidre (Roquetes, Tarragona).....	50
2.2.2. Yacimientos situados en el sur de los Pirineos.....	52
2.2.2.1. Cova del Sardo (Boí, Lleida).....	53
2.2.2.2. Coro Trasito (Tella-Sin, Huesca).....	55
2.2.3. Yacimientos correspondientes a otras áreas de la Península ibérica utilizados a nivel contextual.....	57



2.2.4. Yacimientos correspondientes a otras áreas europeas utilizados a nivel contextual.....	59
2.2.5. Características cuantitativas de la muestra estudiada.....	60
2.3. Método.....	63
2.3.1. Representatividad de los conjuntos de restos de fauna y tafonomía: necesidad de estudios arqueotafonómicos. Aspectos cualitativos y cuantitativos.....	63
2.3.1.1. Factores y agentes que intervienen en la formación y modificación de los conjuntos de restos de fauna.....	63
2.3.1.1.1. Agentes naturales responsables de la alteración de los restos de fauna.....	64
2.3.1.1.2. La densidad ósea como factor tafonómico.....	65
2.3.1.1.3. Fracturación de los restos de fauna.....	66
2.3.1.1.4. Recuperación y registro de los restos de fauna como variables tafonómicas.....	66
2.3.2. Composición de los conjuntos y grado de representatividad de las especies animales en arqueozoología.....	67
2.3.3. Representatividad de la producción animal y arqueozoología.....	68
2.3.4. Representatividad de la gestión animal y análisis biomoleculares: integración de los análisis de isótopos estables.....	70
2.3.4.1. Procesos de trabajo implicados en la actividad ganadera representados mediante la integración de análisis biomoleculares en arqueozoología.....	70
2.3.4.1.1. Control de la reproducción y del proceso de destete de los animales domésticos.....	70
2.3.4.1.2. Pautas alimentarias de los animales domésticos.....	71
2.3.4.1.3. Regímenes de movilidad de los animales domésticos.....	72
2.3.4.2. Utilización de los análisis de isótopos estables para la caracterización de las estrategias alimentarias de los animales domésticos.....	72
2.3.4.2.1. Principios básicos de los estudios de isótopos estables en Arqueología.....	73
2.3.4.2.1.1. Isótopos estables y fraccionamiento isotópico.....	73
2.3.4.2.1.1.1. El ciclo vegetal del carbono: Isótopos de carbono en plantas.....	75
2.3.4.2.1.1.2. El ciclo del nitrógeno: Isótopos de nitrógeno en plantas.....	78
2.3.4.2.1.1.3. El ciclo del oxígeno: Isótopos de oxígeno en la atmósfera.....	79
2.3.4.2.1.2. Proceso de fijación y relaciones isotópicas en tejidos animales.....	81
2.3.4.2.1.2.1. Fijación de los isótopos de carbono.....	81
2.3.4.2.1.2.2. Fijación de los isótopos de nitrógeno ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ).....	83

2.3.4.2.1.2.3. Fijación de los isótopos de oxígeno ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ).....	84
2.3.4.2.1.3. Determinación de las relaciones isotópicas en tejidos animales.....	85
2.3.4.2.1.3.1. Determinación de las relaciones isotópicas en la bioapatita del esmalte dentario.....	85
2.3.4.2.1.3.2. Determinación de las relaciones isotópicas a partir del colágeno del tejido óseo.....	87
2.3.4.2.1.3.2.1. <i>Collagen turnover</i> .....	87
2.3.4.2.1.3.2.2. Características y determinación de los isótopos estables a partir del colágeno óseo.....	88
2.3.4.2.1.3.2.3. Interpretación de los isótopos en ecología y arqueología ( <i>linear mixing line, Bayesian mixing model</i> ).....	90

**Capítulo 3. Animales domésticos y ganadería en el Noreste Peninsular durante el Neolítico (5700-2500 cal ANE).....95**

3.1. Introducción.....	95
3.2. Características físicas y ambientales del área de estudio.....	96
3.3. Domesticación animal en el noreste de la Península Ibérica .....	98
3.4. Adopción de animales domésticos y prácticas ganaderas iniciales en la Península Ibérica (5700-4500 cal ANE) .....	100
3.5. Gestión y producción ganadera a escala territorial.....	103
3.6. Nuevos datos para el noreste peninsular. Gestión animal en el yacimiento lacustre de la Draga: un ejemplo de ganadería plenamente consolidada a inicios del Neolítico.....	119
3.7. Nuevos datos para el noreste peninsular. Gestión animal en el litoral barcelonés a inicios del Neolítico: un ejemplo de ganadería polivalente.....	129

**Capítulo 4. Buscando explicaciones a la variabilidad en la gestión animal a inicios del Neolítico: Cuestiones de representatividad en Arqueozoología.....141**

4.1. Condición del yacimiento y variabilidad de los conjuntos de restos de fauna: necesidad de la arqueotafonomía para el conocimiento de la gestión ganadera.....	141
4.1.1. Arqueotafonomía, yacimientos neolíticos y gestión ganadera: agentes y procesos de índole natural que condicionan la representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna.....	145
4.1.2. Aspectos tafonómicos y representación de las estrategias de producción animal en los yacimientos neolíticos de noreste peninsular.....	163
4.2. Factores ambientales y variabilidad de los conjuntos de restos de fauna durante el neolítico: necesidad de trabajar a escala regional.....	167
4.2.1. Los medios lacustres, ¿una gestión animal específica durante el Neolítico Inicial?.....	168
4.2.1.1. Diversidad de las especies de mamíferos en asentamientos lacustres y terrestres durante el Neolítico.....	170
4.2.1.2. Variabilidad en la representación de las especies de mamíferos	

doméstica y silvestre en áreas lacustres y terrestres durante el Neolítico.....	171
4.2.2. Los medios de alta montaña, ¿una gestión animal específica durante el Neolítico Inicial?.....	175
4.3. Consideraciones finales en torno a la influencia de las características ambientales y tipo de yacimiento en la composición de los conjuntos de restos de fauna durante el Neolítico Inicial.	195
<b>Capítulo 5. Buscando explicaciones a la variabilidad en la gestión animal a inicios del Neolítico. Cuestiones de representatividad en Arqueozoología: agentes sociales.....</b>	<b>197</b>
5.1. Representación del estado doméstico a partir de los restos de fauna.....	198
5.1.1. Posibilidades y límites de la utilización de la talla como representativa del estado doméstico: el ejemplo de los suidos a inicios del Holoceno en la Península Ibérica.....	202
5.1.1.1. <i>Size changes in wild and domestic pig populations between 10,000-800 cal BC in the Iberian Peninsula: evaluation of natural versus social impacts in animal populations during the first domestication stages.....</i>	<i>203</i>
5.2. Representación de la producción animal y del tipo de ganadería practicada a inicios del Neolítico.....	219
5.2.1. Aproximación integrada al estudio de los ciclos agrícolas y ganaderos en el noreste de la Península Ibérica durante el Neolítico antiguo.....	221
5.2.1.1. <i>An integrated perspective on farming in the Early Neolithic lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain).....</i>	<i>223</i>
5.3. Representación de la gestión ganadera en sus momentos iniciales.....	239
5.3.1. <i>Foddering strategies among the earliest domesticated pigs in the NE Iberian Peninsula (5700-4500 cal BC).....</i>	<i>243</i>
5.3.2. <i>Food habits of early introduced caprine and bovine herds in the Iberian Peninsula: an isotopic approach.....</i>	<i>267</i>
<b>Capítulo 6. Discusión: domesticación animal y practicas ganaderas en el marco de los procesos de neolitización del área más occidental del Mediterráneo.....</b>	<b>283</b>
6.1. Domesticación e incorporación de las especies domésticas a la estrategia económica.....	283
6.2. Implicaciones de la ganadería neolítica como proceso productivo.....	288
<b>Capítulo 7. Conclusión y perspectiva de futuro.....</b>	<b>291</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>295</b>
<b>Índice de tablas y figuras.....</b>	<b>i</b>
<b>Anexo I.....</b>	<b>v</b>
<b>Anexo II.....</b>	<b>ix</b>
<b>Anexo III.....</b>	<b>xi</b>

## I. INTRODUCCIÓN

La domesticación animal constituye una línea de investigación con entidad propia en el marco general de los estudios sobre los orígenes del Neolítico. La integración de las especies domésticas a las prácticas económicas supuso el desarrollo de la ganadería, actividad que conllevó profundos cambios en el terreno económico y social de las primeras comunidades sedentarias. Son diversas las aproximaciones efectuadas desde la investigación arqueológica al estudio de la domesticación animal y de las primeras prácticas ganaderas, siendo posible agrupar la mayoría de ellas en dos grandes bloques. Mientras que en el primero se enfatizan las cuestiones de índole ambiental y biológica, el segundo tiene en cuenta que la acción social fue, en definitiva, la condicionante de estos procesos de cambio. Los restos de fauna arqueológicos han constituido la categoría de materiales arqueológicos sobre la que se sustenta la generación de conocimiento desde la antedicha primera aproximación, primando en la explicación del cambio los aspectos relativos a las características físicas y genéticas de los animales. Sin embargo, la domesticación animal tuvo implicaciones más allá de los propios animales. Significó la introducción de toda una serie de nuevos procesos de trabajo, la ampliación de los procesos productivos y la reorganización de los asentamientos y comunidades con la finalidad de garantizar la cría, mantenimiento y reproducción de los rebaños. El animal vivo, como medio de producción y trabajo, se incorpora a la comunidad y con ello al asentamiento. Su protección, control demográfico, alimentación y uso se convierten de esta forma en aspectos clave potencialmente informativos del cambio al que están asistiendo las primeras comunidades neolíticas. Si bien éstos son aspectos fundamentales, su estudio arqueológico se enfrenta a una limitación: su (in)visibilidad material directa. Son varias las aproximaciones metodológicas que en la actualidad se están aplicando con el objetivo de superar esta limitación y acceder a la representación arqueológica directa del animal vivo. Entre ellas, los análisis biomoleculares y biomecánicos están aportando datos significativos y de enorme interés para el estudio del Neolítico.

En este marco, el aspecto seguramente crucial para la reproducción y supervivencia de los rebaños domésticos es su alimentación, tarea a la cual las poblaciones neolíticas dedicaron indudablemente una cantidad de tiempo y esfuerzos considerables. Tradicionalmente, la arqueología ha estudiado la alimentación animal de manera indirecta a partir de la paleobotánica (Rasmussen, 1993); y, más recientemente, a través de aproximaciones como el análisis del microdesgaste dental (Rivals et al., 2011; Hentol, 2012). Si bien se trata de aportaciones importantes y significativas, un balance global de esta línea de investigación

muestra la necesidad de reforzarlas y abrir nuevas vías analíticas a partir de los propios restos de fauna arqueológicos. Así pues, desde el punto de vista conceptual, es importante reflexionar sobre el modo de acceder al conocimiento de la gestión alimentaria de los animales durante la vida a partir de los restos arqueológicos de animales (normalmente restos de consumo alimentario, es decir, en tanto que residuos). La pregunta debe ser, por consiguiente, cómo llegamos a conocer, a partir de los restos que quedan de los animales procesados y consumidos, cuál fue o cuáles fueron los procesos de gestión de su alimentación y mantenimiento. Este ejercicio requiere, en primer lugar, de una evaluación del grado de representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna. Teniendo en cuenta los sesgos existentes entre los conjuntos originalmente depositados en los yacimientos y los finalmente analizados, los análisis tafonómicos son cruciales.

En segundo lugar, es necesario preguntarse además sobre la representación de los mismos animales domésticos en el registro arqueológico. ¿Cómo identificamos a los primeros animales domésticos a partir de los restos de fauna? ¿Es posible esta identificación teniendo en cuenta que los efectos físicos de la domesticación son reconocibles sobre los restos de fauna una vez superado un intervalo temporal amplio? Asimismo, tampoco tenemos argumentos suficientes para aislar completamente estos efectos físicos (talla, morfología) de los efectos físicos resultado de determinadas estrategias de gestión animal practicadas por sociedades cazadoras y recolectoras. Es importante, pues, evaluar el alcance y las limitaciones de los criterios diagnósticos que vienen aplicándose desde la arqueozoología para el estudio de los primeros animales domésticos.

Teniendo en cuenta, tal como se ha mencionado anteriormente, que es necesario integrar en la investigación sobre esta problemática histórica los aspectos implicados en la gestión de los rebaños de animales domésticos (vivos), hace falta reflexionar también sobre cómo puede quedar representada esta gestión si la ganadería (actividad a partir de la cual se ejerce) no tiene una entidad material en arqueología o, si la tiene, es muy limitada.

Una alternativa para solucionar esta disyuntiva es, tal y como se tratará de demostrar en la presente tesis doctoral, el estudio del contenido isotópico de los restos de fauna, el cual, al estar fijado durante la vida del animal en los tejidos óseos, puede ser representativo de los procesos que tienen que ver con su cría y con la ingesta de alimentos en particular. El contenido en determinados isótopos puede, por tanto, ser representativo del tipo de alimentación. Conociendo el tipo de alimentación, es posible inferir los procesos de trabajo necesarios para su consecución y el régimen de vida de los animales.

Con el objetivo de evaluar todas estas cuestiones, aportar y aplicar nuevos enfoques y procedimientos analíticos al estudio del Neolítico, la domesticación animal y prácticas ganaderas iniciales, se ha escogido el área del noreste peninsular. Esta área cuenta con un conjunto importante de yacimientos representativos del modo de vida de las últimas sociedades cazadoras-recolectoras y de las primeras sociedades campesinas (ca. 8000-5500 cal ANE). En este sentido, se han estudiado nuevos conjuntos de restos de fauna, al tiempo que se han revisado otros procedentes de yacimientos considerados paradigmáticos de los procesos de cambio en el noreste peninsular y Mediterráneo occidental.

Asimismo, se ha tenido en cuenta todo el conjunto de parámetros y variables que pueden estar condicionando la variabilidad que presentan los conjuntos de restos de fauna más allá de la propia gestión animal. A inicios del Neolítico se asiste a la domesticación y adopción de animales domésticos en la práctica totalidad del territorio peninsular, que cuenta con características ambientales muy diversificadas. ¿Cómo influyó esta variabilidad ecológica y climática en la conformación y modo de vida de los primeros rebaños domésticos? Para ello se han tenido en cuenta en esta investigación tanto las características de los asentamientos como de los territorios, abordando el estudio del desarrollo de las primeras prácticas ganaderas en zonas con ambientes contrastados como son las áreas litorales y de alta montaña, o ambientes particulares como puede ser las áreas lacustres.

En definitiva, se presenta un nuevo estado de la cuestión sobre la problemática relativa a la neolitización del área más occidental del arco mediterráneo, aportando nuevos datos y proponiendo nuevas hipótesis y modelos explicativos en torno a uno de los cambios históricos más trascendentales: el origen de las sociedades campesinas y ganaderas. El marco temporal y espacial escogido ha permitido trascender el estudio de las estrategias de gestión animal, aportando nuevos elementos de discusión en torno a las diferentes dinámicas de neolitización del territorio peninsular, enriqueciendo y contribuyendo con esto al debate sobre las vías y ritmos de adopción e integración al sistema económico de las sociedades cazadoras-recolectoras de los nuevos elementos resultado de la domesticación de plantas y animales, así como de la conformación de las primeras comunidades sedentarias. No hace falta destacar que todos estos elementos tendrán profundas implicaciones en el devenir de las formaciones sociales posteriores.

Trascendiendo también el ámbito más sustantivo, con esta tesis se abre a nivel metodológico una nueva vía analítica para el estudio de la domesticación animal y de las prácticas ganaderas, incidiendo no tan solo en las características de los primeros animales domesticados y en cómo

evidenciar la domesticación a partir de la arqueozoología, sino también en los cambios que este proceso conllevó a nivel etológico y comportamental en lo relativo a los animales, y a nivel organizativo en lo relativo a las poblaciones humanas.

## **II. OBJETIVOS**

El objetivo de esta tesis doctoral es avanzar en el conocimiento sobre la dinámica del proceso de domesticación animal y las prácticas ganaderas iniciales en el extremo más occidental del área Mediterránea, abarcando un intervalo temporal entre el 5.500-4.700 cal ANE. Este objetivo se abordará a partir del estudio de las estrategias de gestión y explotación de los animales domésticos en los yacimientos neolíticos situados en el noreste de la Península Ibérica.

Este objetivo general se ha traducido en tres objetivos concretos que han guiado la investigación. En primer lugar, el trabajo plantea evaluar el grado de representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna. En segundo lugar, evaluar cómo quedan representados los animales domésticos en los conjuntos de restos de fauna, incidiendo en las limitaciones de los criterios diagnósticos que se han utilizado para documentar la domesticación animal en arqueozoología. En tercer lugar, evaluar las características de la gestión ganadera, en concreto, los regímenes alimentarios de los animales domésticos.

La finalidad de los objetivos descritos anteriormente es generar nuevo conocimiento sobre los cambios económicos y sociales acaecidos a inicios del Holoceno, investigando desde una perspectiva científicamente transversal cómo acceder a datos y documentación sobre aspectos históricos que, si bien son cruciales para el conocimiento y explicación del pasado, no quedan representados directamente en el registro arqueológico.

Para la consecución de estos objetivos, se plantea como novedad el desarrollo y aplicación de una metodología que abarque de forma integrada el análisis de los datos arqueológicos, arqueotafonómicos, arqueozoológicos y biomoleculares para caracterizar las primeras prácticas ganaderas. A nivel específico, la integración de los análisis biomoleculares para el estudio de las estrategias de gestión animal a inicios del neolítico permitirá incidir directamente en la dinámica y régimen de vida de las poblaciones animales, ampliando la resolución temporal (a escala mensual, estacional y anual) de las muestras con las que se trabaja y documentando los diferentes procesos de trabajo desarrollados por parte de las primeras sociedades campesinas.

Por último, cabe señalar que el presente trabajo, además de aportar conocimiento a nivel sustantivo y metodológico, también se propone contribuir al avance en el conocimiento histórico, aportando, a partir de los resultados obtenidos, nuevos elementos al debate científico planteado en torno a las diferentes dinámicas de neolitización de la Península Ibérica, y del Mediterráneo occidental en general.

### **III. ESTRUCTURA DE LA TESIS**

Por las características y naturaleza de los datos arqueológicos que forman la base empírica de esta tesis doctoral, así como por la metodología desarrollada a lo largo de esta investigación, se optó desde un primer momento en presentar esta tesis como compendio de publicaciones. A este respecto, cabe señalar que se ha llevado a cabo según la normativa existente establecida por el programa de doctorado en Arqueología Prehistórica de la Universitat Autònoma de Barcelona (RD99/2011). Así pues, y conforme a esta normativa, en el apartado titulado *Introducción, Objetivos y Estructura* se plantea la justificación del trabajo de investigación, mientras que el apartado que le sucede, *Artículos científicos*, está dedicado a la presentación de la información relativa a cada publicación.

En lo que corresponde a la tesis en sí misma, ésta se ha estructurado en siete capítulos. El primer capítulo está dedicado a la presentación del estado de la cuestión sobre la problemática histórica que se aborda en la investigación: el Neolítico en la Península Ibérica y, en concreto, en el noreste peninsular. Asimismo, se presenta un estado de la cuestión sobre la problemática del proceso de domesticación animal en el marco de los estudios sobre el Neolítico.

A continuación, en el Capítulo 2 se exponen los aspectos relativos a la selección de los materiales estudiados y los procedimientos metodológicos y técnicos empleados. De forma concreta, se presenta en primer lugar los yacimientos objeto de estudio, haciendo énfasis en la secuencia espacio-temporal. Seguidamente, se presentan las consideraciones metodológicas en cuanto al análisis de los restos de fauna, a partir del método arqueotafonómico, arqueozoológico y biomolecular. Estas informaciones se explicitan en cada uno de los artículos correspondientes si bien se ha considerado oportuno integrarlas en un apartado de metodología para poner de relieve la integridad de la propuesta desarrollada y aplicada.

El tercer capítulo centra su atención en las prácticas de gestión y explotación de los animales domésticos en el noreste peninsular durante el Neolítico. Forman parte de este capítulo los



artículos científicos originales *“Producción y consumo cárnico a inicios del Neolítico: animales domésticos en el poblado de la Draga (Banyoles), (5300-5000 cal BC)”* y *“Gestió ramadera al pla de Barcelona durant la prehistòria”*.

El Capítulo 4 se articula en dos partes y se centra en el estudio de la variabilidad que presentan los conjuntos de restos de fauna. En la primera se presenta la importancia de considerar el grado de representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna teniendo en cuenta los sesgos tafonómicos potenciales. Como ejemplo de aplicación, se incluye en este capítulo el artículo científico original *“Taphonomic evaluation of the degree of historical representation of the faunal samples in anaerobic versus aerobic environments: the Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain)”*. En la segunda parte se evalúa este aspecto en un contexto más amplio, considerando como pueden influir las condiciones ambientales tanto en la representatividad de los conjuntos faunísticos como en la gestión animal durante el Neolítico. Se ha realizado con este propósito un análisis comparativo entre medio lacustre y medio terrestre y entre zonas llanas y de alta montaña, enfatizando en cada caso las variables de orden tafonómico e histórico que deben tenerse en cuenta para la interpretación de la variabilidad de los conjuntos de restos fauna. En este apartado se presenta el artículo científico original: *“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”*.

El capítulo 5 se ha dividido en tres partes y se basa en la investigación sobre el grado de representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna atendiendo a las estrategias de gestión animal implementadas a inicios del neolítico en el área de estudio. En primer lugar, se presenta la problemática en torno a los parámetros y aspectos clave para el estudio de la gestión animal que no tienen representación directa en los conjuntos de fauna. Entre estos, se resaltan el estado doméstico, la producción animal y la gestión del animal durante la vida. Se incluye en este apartado el artículo científico original: *“Size changes in wild and domestic pig populations between 10,000-800 cal BC in the Iberian Peninsula: evaluation of natural versus social impacts in animal populations during the first domestication stages”*. En segundo lugar, se analiza la representación de la producción animal a inicios del Neolítico. Para completar este apartado se presenta el artículo científico original: *“An integrated perspective on farming in the Early Neolithic lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain)”*. En tercer lugar, se analiza la representación de la gestión animal, en concreto de las prácticas de alimentación de los rebaños domésticos. Se incluye en este apartado los artículos científicos originales: *“Foddering strategies among the earliest domesticated pigs in the NE Iberian Peninsula (5700-4500 cal*

BC)” y “*Food habits of early introduced caprine and bovine herds in the Iberian Peninsula: an isotopic approach*”

Finalmente, el capítulo sexto da lugar a la discusión de los resultados previamente presentados y de las conclusiones específicas a cada capítulo. En el séptimo y último capítulo se recogerán las conclusiones generales de este trabajo de investigación, haciendo énfasis en las perspectivas de futuro que éstas permiten plantear.

### *Artículos científicos*

La tesis se compone de ocho artículos científicos originales. A continuación, se presenta un listado con el título del capítulo y la o las referencias bibliográficas de los artículos científicos correspondientes:

#### **Capítulo 3. Animales domésticos y ganadería en el Noreste Peninsular durante el 5700-2500 cal ANE**

Saña, M; Navarrete, V. 2016. Gestió ramadera al pla de Barcelona durant la prehistòria. En Molist, M; Gómez, A (eds.) *La prehistòria al pla de Barcelona. Nous documents per a una síntesi*. MUHBA. Ajuntament de Barcelona. Barcelona, pp. 97-105.

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, JA (ed.) *La producción de alimentos. Arqueología, historia y futuro de la dieta Mediterránea*. PHICARIA. Proceeding of the I Congreso sobre la producción en las sociedades Mediterráneas:. Universidad Popular de Mazarrón Murcia, pp. 121-129.

#### **Capítulo 4. Buscando explicaciones a la variabilidad en la gestión animal a inicios del Neolítico: cuestiones de representatividad en arqueozoología**

Saña, M; Bogdanovic, I; Navarrete, V. 2014. Taphonomic evaluation of the degree of historical representation of the faunal samples in anaerobic versus aerobic environments: the Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). *Quaternary International* 330: 72-87. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.016>

Antolín, F; Navarrete, V; Saña, M; Viñerta, A; Gassiot, E. 2017. 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* 2017. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.056>

**Capítulo 5. Buscando explicaciones a la variabilidad en la gestión animal a inicios del Neolítico: cuestiones de representatividad en arqueozoología. Agentes sociales**

Navarrete, V; Saña, M. 2017. Size changes in wild and domestic pig populations between 10,000-800 cal BC in the Iberian Peninsula: evaluation of natural versus social impacts in animal populations during the first domestication stages. *The Holocene* 27 (10): 1526-1539. <https://doi.org/10.1177/0959683617693902>

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. <https://doi.org/10.1179/1749631414Y.0000000027>

Navarrete, V; Tornero, C; Balasse, M; Saña, M. Submitted. Food habits of early introduced caprine and bovine herds in the Iberian Peninsula: an isotopic approach. *Quaternary International*.

Navarrete, V; Colonese, A; Tornero, C; Antolín, F; von Terchs, M; Subirà, M.E; Comes, P; Rosell, A; 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. <https://doi.org/10.1002/oa.2598>

## CAPÍTULO 1

### Neolítico, domesticación y neolitización de la Península Ibérica: estado de la cuestión

#### 1.1. Introducción

El estudio sobre los orígenes del Neolítico ha sido y constituye en la actualidad una de las problemáticas más atractivas y también más discutidas en el marco de investigación sobre las sociedades prehistóricas. Es por ello que se hace necesario comenzar el presente trabajo por una breve y concisa síntesis de los principales debates planteados en torno al concepto Neolítico. En primer lugar, se recoge en forma de síntesis la problemática existente en la utilización del término en sí mismo y los principales modelos explicativos planteados en torno al fenómeno histórico de la neolitización de la Península Ibérica. Se presentan las principales corrientes de pensamiento y modelos teóricos formulados al respecto. Del mismo modo, se añade a la discusión de la problemática las posiciones teóricas en torno al concepto de domesticación animal y ganadería. Finalmente, se presenta una síntesis sobre los diferentes modelos de neolitización de la Península Ibérica.

#### 1.2. Marco conceptual: el origen del Neolítico. Concepto y modelos explicativos propuestos en torno a sus causas

El concepto de Neolítico en tanto que etapa (pre)histórica de la humanidad tiene un origen antiguo, remontándose a las primeras ordenaciones cronológicas que configuraban lo que se entendía como Prehistoria. En este sentido, desde las llamadas “teorías clásicas” (Vicent, 1988, 1990), se entiende el Neolítico como una etapa intermedia de una serie de estadios progresivos de desarrollo, partiendo del salvajismo primigenio hasta la civilización. Thomsen estableció en 1834 el “*Sistema de las tres edades*”, una sucesión cronológica de los estadios tecnológicos, caracterizados por la complejidad social, cultural y tecnológica de las sociedades. Sin embargo, fue Lubbock quien, en 1865, acuñó por primera vez el término *Neolítico* (“Piedra nueva”), en referencia a las dos grandes etapas de la “*Edad de Piedra*” y en oposición a la más antigua, el Paleolítico (“Piedra vieja”), caracterizadas ambas a partir de los rasgos tecnológicos.

Siguiendo con los trabajos de Vincent (1988) y Saña (1999), no será hasta mediados de 1930 que se rompe con esta primera concepción evolucionista y positiva del Neolítico. Sería Gordon Childe quien, al proponer el concepto de “Revolución Neolítica”, abordó por primera vez el

cambio de las sociedades cazadora-recolectoras a las agrícola-ganaderas desde una visión económica, y no tecnológica. En su célebre obra, Childe (1936:18) plantea que el factor clave del cambio en el modo de vida de las sociedades humanas son los cambios en los sistemas económicos (expresados como ordenación cronológica), cada uno de los cuales conlleva un determinado modo de producción. En 1936, Childe realizaría una de las mayores aportaciones al debate sobre el Neolítico con la *Teoría del oasis*<sup>1</sup>. Paradójicamente, y aunque no fuera expresado en estos términos por Childe, su propuesta fue entendida como determinista ambiental, donde un único agente, las condiciones medioambientales, determinarían la forma de vida de las poblaciones humanas.

La confrontación a la hipótesis inductiva de Childe llegaría a finales de 1950 cuando Braidwood planteó mediante varios proyectos de investigación localizar las supuestas áreas nucleares del denominado “Creciente Fértil” (Braidwood, 1958) y evaluar la relación entre la economía de producción y las condiciones medioambientales<sup>2</sup>. Los resultados que Braidwood (1958) obtuvo fueron negativos, no hallando evidencias del cambio climático propuesto por Childe en 1936. De este modo, las áreas nucleares y, como consecuencia, la teoría de cambio económico propuesta por Childe, no serían válidas para explicar la transición al Neolítico. Esta es la principal aportación al debate sobre el Neolítico de Braidwood que, sin embargo, no atiende realmente a las causas del cambio. En efecto, Braidwood (1958) termina vinculando el origen del cambio al aumento de las cualidades intelectuales del ser humano y a la propia evolución cultural: los mecanismos de innovación cultural conducirían a alcanzar un nuevo nivel cultural que permitiría adoptar nuevas técnicas. Esta tendencia inherente del ser humano a la adquisición de un nivel cultural determinado no consigue explicar la piedra angular del debate sobre el Neolítico, es decir, el por qué se produce en ese momento (o momentos) histórico.

Una de las consecuencias más trascendentes de la obra de Braidwood es que al enfatizar de la propuesta de Childe el contenido ecológico (en Vincent, 1988: 28) abrió paso al planteamiento de modelos explicativos estrictamente deterministas, con elementos de tipo causal como la presión demográfica y el deterioro o la mejora de las condiciones

---

<sup>1</sup> Con esta teoría, Childe (1936) propone que el empeoramiento de las condiciones medioambientales de las sociedades mesolíticas habría generado la movilidad de la población, al igual que de los animales y las plantas, desde las zonas limítrofes hacia los valles de los ríos. Estas áreas más fértiles permitirían obtener recursos alimentarios y, como consecuencia, daría lugar a la sedentarización de los grupos humanos.

<sup>2</sup> Principalmente, Braidwood (1958) planteó con su teoría del Creciente Fértil que la mejora en las condiciones climáticas ejerce una dependencia de los recursos acuáticos en las zonas costeras ya desde el final del Pleistoceno, y con posterioridad, lo que facilita el proceso de sedentarización y, por tanto, el aumento demográfico.

medioambientales. Estos primeros modelos explicativos llegaron en la década de 1960 de la mano de la corriente teórica ligada al paradigma de la *Ecología cultural* y la *teoría general de sistemas*. A partir de la crítica de la teoría del oasis, estos nuevos modelos teóricos basaban sus hipótesis en la contraposición de la variable cultural y la variable natural. De este modo, las sociedades humanas fueron conceptualizadas como un sistema *cultural-natural*, donde la *desestabilización o desequilibrio*, ya fuera producida por agentes culturales o naturales, debía generar consecuencias inmediatas en el equilibrio *natural* del sistema (Maruyama, 1963). Una crítica clave a las teorías ecologistas culturales ha sido que éstas se fundamentan en dicha estabilización natural de las sociedades, ignorando así las contradicciones internas de los grupos humanos (en Vicent, 1988). Como consecuencia, estos modelos explicativos compartían la búsqueda de un factor externo al sistema que habría actuado como motor del desequilibrio. Este factor externo eran las condiciones medioambientales. Así, el cambio climático provocaba una nueva adaptación del sistema cultural al medio con el objetivo de restablecer el equilibrio perdido.

En este contexto economicista y determinista ambiental, un punto clave en el desarrollo del concepto Neolítico es la aportación de la *New Archaeology*. Dentro de esta corriente teórica, Binford (1968) contribuiría al debate con la hipótesis del origen de la agricultura como el resultado de una situación de desequilibrio entre los recursos alimentarios y las poblaciones humanas. Siguiendo el modelo del *Creciente Fértil* de Braidwood, Binford (1968) incorporaría la contradicción de la ecología cultural substituyendo presión medioambiental por presión demográfica. El aumento demográfico se convertiría en presión demográfica en base a la presión ejercida sobre los recursos alimentarios. Esta situación solo se resolvería con la ocupación de “zonas marginales”, donde se produciría la domesticación. Así, lo relevante de la propuesta de Binford es que desplaza el foco de la domesticación de una zona nuclear (*sensu* Childe) a unas zonas económicamente desfavorables.

Flannery (1969), por su parte, también intentó dar respuesta a las hipótesis de cambio de Braidwood. Su hipótesis discutió el origen del cambio en torno a la vinculación con un desequilibrio entre el crecimiento de la población y la disponibilidad de medios de subsistencia. Este desequilibrio o inestabilidad se resolvería en la domesticación, en el sentido de respuesta económicamente favorable ante esta situación. Una de las aportaciones más importantes al debate de la teoría desarrollada por Flannery es la introducción del concepto de “economía de amplio espectro” (Flannery, 1969: 74) previa al desarrollo de la domesticación de plantas y animales. El desarrollo de la agricultura sería una forma de adaptación a las particularidades del medio como consecuencia de un desequilibrio entre el sistema cultural y

el natural. Uno de los aspectos más interesantes tanto de Binford como de Flannery es que ambos conciben la nueva forma de producción como la consecuencia de someter a un cierto grupo a un estadio de desequilibrio forzado. Por tanto, si el cambio climático no es determinante (tal y como demostró Braidwood) y si la forma de producción no es consecuencia de la tendencia *natural* del ser humano a una evolución progresiva (como planteaba Braidwood, 1958), queda todavía por elucidar cuál es el factor causal o independiente del proceso.

Así pues, siguiendo el modelo teórico expuesto por Binford y Flannery, Cohen (1977) y Redding (1988) introducen nuevas variables conceptuales. Cohen (1977) introduce la variable demográfica como variable independiente del cambio. La pauta de crecimiento demográfico constante de la población produciría a finales del Pleistoceno una situación límite (expansión territorial, intensificación producción...) que conllevaría un cambio en la estrategia de subsistencia. La aparición de la agricultura permitiría aumentar la producción (1977:53). Por su parte, Redding (1988) caracterizaría las presiones externas ejercidas sobre los grupos humanos como consecuencia de la reducción territorial provocada por un estrés en los recursos base producida por cambios climáticos. Ante estas presiones los grupos habrían adoptado nuevas formas de subsistencia, obligados por períodos de inestabilidad o desequilibrio, y sin la necesidad de realizar cambios en las estrategias de subsistencia de forma recurrente.

Siguiendo la hipótesis formulada por Cohen, Bender (1978) sitúa las causas del cambio en las características intrínsecas de la organización social de los grupos humanos. Para Bender el agente causal estaría en las relaciones sociales existentes que median la obtención de productos en una situación de demanda creciente. La intensificación de la producción sería de esta forma el resultado de la necesidad de cubrir esta demanda derivada de las relaciones inter-grupales entre cazadores-recolectores y establecida sobre el intercambio de bienes y productos (Bender, 1978:210). Una de las críticas más relevantes a la teoría de Bender fue la realizada por Vincent (1979). Vincent establece que la causa de la intensificación de la producción no es en realidad una respuesta a una necesidad creada a partir de las relaciones de reciprocidad e intercambio entre grupos sino una respuesta a la existencia de una competencia intergrupala. Esta competencia afectaría al crecimiento demográfico y al desarrollo de las técnicas de producción de alimentos. De este modo, si la propuesta de Bender se basaba en intercambio inter-grupal, Vincent traslada la causa a una presión social intra-grupal. Asimismo, desplaza el factor causal del plano socioeconómico al sociopolítico, definiéndolo como el *crecimiento político central* (Vincent, 1979:422). Para Vincent es la dinámica de centralización política lo que lleva a los grupos humanos a aumentar el volumen

de población casi a modo competitivo, y desarrollar el cultivo como mecanismo para mantener las necesidades subsistenciales en grupos conformados por un número mayor de personas

A partir de la década de los 80 cobran una mayor relevancia las propuestas provenientes de posiciones ligadas al materialismo histórico, basadas en que la explicación de los fenómenos sociales solo puede ser resuelta a partir de la evaluación de las condiciones materiales de la sociedad y de la observación empírica. Dentro de esta línea conceptual, Testart (1982, 1988) propone que son las alteraciones en la propia organización social las que generan el cambio en el patrón de subsistencia. Estos cambios son producto no de presiones sociales inter-comunitarias (como decía Bender), sino del desarrollo de las relaciones sociales de producción, consecuencia de los cambios en las formas de producción general. El elemento crucial habría sido en este caso el almacenamiento de alimentos y su consumo diferido. Testart propone que el almacenamiento, como acumulación de *plusproductos*, tendría como objetivo la intensificación de la producción, que es lo que persigue el control por los medios de producción (Testart, 1982; De Saulieu et al., 2015).

Si Testart (1982) remarca los cambios en la forma de producción a partir de la intensificación de la producción y el almacenamiento de plusproductos, Ingold (1980), por su parte, introduce que estos aspectos han de ser evaluados en el marco de las relaciones sociales de producción y no como aspectos diferenciados *per se* (1980:94). Así, el cambio que supone el Neolítico comprende nuevas formas de relación de control y dominación de la naturaleza, lo cual supone nuevas formas de integración de los recursos a la realidad social. En otras palabras, nuevas formas de institucionalizar a nivel político e ideológico estas nuevas relaciones.

Uno de los aspectos que Ingold (1980, 1984, 1988) incorpora a la teoría del cambio del Neolítico, y que supondrá un punto clave a la hora de definir el proceso de domesticación, es la desvinculación de la “revolución neolítica” del propio proceso de domesticación biológico. Lo que define revolución neolítica serían las relaciones de dominación y control de la naturaleza (Ingold, 1980). El cambio no está en los objetos que se producen, se apropian o se acumulan, sino en el desarrollo de nuevas formas de apropiación de la naturaleza. Del mismo modo que Testart, Ingold (1984, 1988) reconoce que los cambios en las relaciones sociales de producción vendrán determinados por las características concretas del modo de producción, de las relaciones establecidas en el proceso productivo. Estas nuevas relaciones sociales se diferenciarían de las anteriores en que cambian de una forma de explotación de los recursos basado en un acceso colectivo a los medios de subsistencia a un acceso restringido a estos medios (Ingold, 1988).



Siguiendo esta línea conceptual, Bate (1986) hace hincapié en las relaciones sociales de producción y fuerzas productivas. Al igual que Testart, argumenta que existen diferentes modos de vida acorde a las características de las fuerzas productivas<sup>3</sup>. Bajo los mismos supuestos, Vicent propone la teoría del cambio cultural (1988:50; 1990). Esta teoría vincula la *Revolución neolítica* al desarrollo de modo de vida campesino. Los cambios en las fuerzas productivas que suponen una serie de contradicciones en las relaciones de producción y reproducción, implicarían nuevas formas de relación a nivel económico, pero también en la organización social de los grupos. A diferencia de la aportación teórica de Bate, que propone que el cambio se produjo en las relaciones de apropiación de los objetos de trabajo, Vicent (1988) establece que los cambios en las relaciones sociales de producción serían más permanentes en la apropiación de los medios de producción, no solo del objeto, sino también de los medios de trabajo. Con la teoría del cambio cultural, Vicent (1990) argumenta que con el Neolítico se formalizan las bases para el desarrollo de la desigualdad social. En efecto, la inversión de trabajo, así como la institucionalización de la apropiación de medios de producción como son la tierra y los animales, habría dado paso a la existencia y aceptación de formas de reciprocidad negativa. Durante la década de 1990, y de forma paralela a las teorías desarrolladas por el materialismo histórico, se introduce en la discusión teórica sobre los orígenes del Neolítico la instancia simbólica. Entre los principales autores, Hodder (1990) propone que la instancia simbólica determina la instancia productiva y, como consecuencia, la transformación del pensamiento constituye el factor causal que provoca la Revolución Neolítica. Resalta el papel activo del individuo sobre la sociedad en el “*proceso de domesticación de la naturaleza*” y de lo particular sobre lo general (Saña, 1999). Cauvin (1978, 1994) es otro de los autores que en el marco del idealismo niega la existencia de factores de desequilibrio o crisis (ambiental, demográfico...) y antepone los cambios ideológicos a los socioeconómicos como explicativos del cambio social.

Como se ha podido ver a lo largo del presente apartado, desde la teoría arqueológica el concepto Neolítico ha requerido de una reflexión en torno a las causas y consecuencias del cambio entre las sociedades cazadoras-recolectoras y las agrícola-ganaderas. Cada una de las hipótesis expuestas hace énfasis en variables independientes como motor del cambio (ya sea la variable medioambiental, demográfica, económica...), pero a estas alturas del debate y de la evidencia arqueológica se hace necesario reflexionar sobre la interrelación de estas variables

---

<sup>3</sup> Modo de producción tribal: la propiedad comunal sobre todos los elementos del proceso productivo (Testart, 1988)

dentro de un mismo proceso de cambio. Dicho de otro modo, las variables independientes pueden facilitar el cambio, pero ninguna por si sola puede ser la causa principal del cambio.

El cambio en la estructura socioeconómica de los grupos humanos que protagonizaron este momento histórico estaría implicando tanto cambios en la producción (el objeto de trabajo) como cambios en las relaciones sociales que la determinan (las relaciones establecidas entre los individuos durante el proceso de producción). Como consecuencia de ello, la tesis que se adopta en el presente trabajo es que el Neolítico hace referencia a un proceso que modifica estructuralmente las relaciones de producción (Testart, 1984).

### **1.3. Sobre los conceptos de domesticación animal y de ganadería**

Las posiciones teóricas en torno al concepto de domesticación animal son muy diversas, abarcando desde perspectivas zoológicas (Mignon et al., 2005), perspectivas que abarcan diversas trayectorias, como la ecológica y social (Vigne, 2015; Zeder, 2015,2016) y perspectivas históricas (Saña, 2009; Tornero, 2011), siendo estas últimas las que desarrollaremos en este trabajo. El estudio de la domesticación animal a partir de las perspectivas históricas centra el interés en la relación establecida entre sociedad/animal producida dentro del plano de las estrategias de subsistencia (Ducos, 1989; Saña, 1997, 1999). Son varias las posturas teóricas entre estas últimas. Algunas hacen énfasis en el control cultural y el grado de domesticación de las especies animales (Higgs, 1969; Ducos, 1989). Sin embargo, autores como Ingold (1980, 1984, 1988) o Saña (1997, 2005) inciden en el factor social de la domesticación y no en su grado de domesticación. Desde esta perspectiva teórica se incide en que la domesticación animal consistiría “en la incorporación social o apropiación de generaciones sucesivas de animales y no en la reproducción selectiva hacia una forma fisiológicamente dependiente del grupo humano” (Ingold, 1984).

Contrariamente a las antedichas perspectivas teóricas, desde el posmodernismo se propone la domesticación como una idea vinculada a un “discurso de dominación” (en palabras de Vicent, 1991:431), desligando la domesticación de los procesos económicos o biológico-evolutivos de las especies animales (Hodder, 1990). Así, la aparición de la domesticación es la consecuencia del desarrollo de una cierta estrategia de poder desde el Paleolítico Superior y se concreta en el control de lo salvaje como fuente de prestigio (Hodder, 1990: 23). Siguiendo los trabajos de Saña (1997, 1999, 2005), en el presente trabajo se emplea el concepto de domesticación animal como un cambio en el modo de apropiación social de los recursos, hasta entonces de acceso colectivo, que supondrá el desarrollo, dentro del marco de relaciones sociales de producción, de formas sociales que legitimen el uso diferente de los recursos naturales. El

proceso de domesticación animal supondrá “una serie de acciones sociales desarrolladas dentro de una estrategia de producción determinada, en el marco de unas relaciones sociales de producción determinadas, que hacen posible que el animal se integre en la comunidad como uno más de sus medios de producción” (Saña, 1997:28).

Para profundizar en el concepto de domesticación animal, y comprender la forma de apropiación social de los recursos naturales, cabe incidir en dos aspectos claves: la valoración del animal vivo/muerto a partir de los trabajos de Ingold (1980, 1984, 1988); y el animal como medio de producción/producto a partir de los trabajos de Saña (1997, 1999, 2005).

En cuanto al primer aspecto, Ingold (1988) propone que la práctica productiva no se caracteriza por la morfología de los objetos (salvajes o domésticos), sino por la forma de apropiación social de los recursos naturales (Ingold, 1988: 14). Para analizar la forma de apropiación de los recursos naturales, se debería comprender el valor del animal en las prácticas sociales, definido a partir de las formas de apropiación de los recursos (Ingold, 1988; Saña, 1997, 1999, 2005). La caza-recolección se define como un sistema de apropiación colectiva (Ingold, 1988:14), y si se elimina este componente social de la producción, la caza-recolección queda reducida a la depredación y el forrajeo. La documentación de recursos domésticos se correspondería con el establecimiento de una relación de producción diferente a la existente hasta el momento entre los sujetos sociales y el medio, ya que “un componente del medio sólo se convierte en recurso cuando es valorado socialmente” (Ingold, 1988: 93). Consecuentemente, la forma social que regula el mantenimiento, control y uso de los animales domésticos como recursos subsistenciales se tiene que transformar, en relación al acceso restringido que adquirirán una vez que éstos –los animales vivos- sean incorporados en una comunidad determinada: “El animal se habrá convertido así en un producto artificial y, como tal, los procesos y medios de trabajo implicados en su obtención (en tanto que objeto de trabajo) diferirán de aquellos destinados a la obtención del animal como recurso natural” (Saña, 1999: 32).

En relación al segundo aspecto, la disyuntiva entre animal como medio de producción o como producto, la diferencia recaería en el tipo de gestión. La gestión del animal en tanto que producto requiere de su muerte (como sucede con las actividades de caza), mientras que el objetivo de la gestión del animal como medio de producción se concretiza en el mantenimiento y reproducción de los rebaños de animales vivos (Saña, 1997: 28).

Siguiendo lo expuesto por Saña (1997, 1999) las relaciones con los medios de producción son siempre relaciones de propiedad, la apropiación del animal como medio de producción es

consecuencia de un cambio en la forma de propiedad. De la misma forma, Bate (2003) define la propiedad como la capacidad de uso o posesión de los recursos naturales en tanto que objeto de trabajo; se agrega la capacidad de disponer de ellos y la posesión se convierte en un componente de la propiedad sobre los objetos, los medios, y la fuerza de trabajo a partir de las diferentes formas de posesión particular o individual (Bate, 2003:27). La nueva capacidad de producción supondría el control de los ciclos reproductivos de los recursos animales, comportando el establecimiento de una nueva forma de propiedad, ya no solo de los productos, sino también sobre los medios de producción: “El animal como medio (o producto) de trabajo deja su condición de elemento natural, ahora modificado mediante el trabajo, la cual es sustituida por elemento (producto) social” (Lumbreras, 1981 en Saña, 1997: 26-27).

Siguiendo esta línea conceptual, en el presente trabajo se diferenciará entre domesticación animal y ganadería inicial. De esta manera, se define ganadería como el conjunto de los procesos de trabajo destinados a garantizar el mantenimiento y crecimiento del animal, la obtención de sus productos y la explotación del animal como medio de producción (Saña, 1998).

#### **1.4. Neolítico, domesticación animal y prácticas ganaderas iniciales en la Península Ibérica**

Para comprender los orígenes del Neolítico en la Península Ibérica es de especial relevancia conocer los inicios de la domesticación animal y las primeras prácticas ganaderas para establecer cómo y cuándo se produce el cambio socioeconómico. Con la documentación de los primeros recursos domésticos, las relaciones de producción cambian de acuerdo al sistema de apropiación de los recursos.

El paso de las sociedades cazadoras-recolectoras a las agrícola-ganaderas se considera uno de los cambios socioeconómico más trascendentales de la historia. El foco originario del cambio se situaría en el Próximo Oriente ca. 8300-8000 cal ANE, aunque son diversos los trabajos que en la actualidad precisan el origen de la agricultura y ganadería en diferentes zonas (Larson et al., 2005; Rojo et al., 2012; Evin et al., 2014, 2015). La expansión del Neolítico fue rápida en el área europea donde a partir del ca. 8000 cal ANE se evidencian los primeros domesticados y las primeras cerámicas.

La situación geográfica de la Península Ibérica, en el extremo más occidental del Mediterráneo, es un punto clave a la hora de estudiar la dinámica de neolitización. Son varios para esta área los modelos explicativos propuestos sobre la relación entre las últimas sociedades cazadoras-

recolectoras y las primeras comunidades agrícolas-ganaderas (Lagrán, 2017). Estos modelos se basan sobre todo en analizar, desde una perspectiva indigenista, el papel que tuvieron las poblaciones mesolíticas durante el proceso de neolitización (Vicent, 1990; Alday, 1996, Alday et al., 2012) y, desde la perspectiva difusionista, los movimientos de población a gran escala (Zilhao, 2000, 2001). Las críticas a estos dos posicionamientos teóricos generales han permitido elaborar nuevos modelos explicativos, entre ellos los denominados ‘modelos mixtos’ en que tanto la difusión demográfica como la difusión cultural serían factores claves de la neolitización de la Península Ibérica (Rojo et al., 2012). Aunque debemos destacar que dependiendo del área de estudio y de las evidencias arqueológicas de la zona las interpretaciones teóricas sobre la neolitización peninsular varían considerablemente.

El planteamiento del modelo de difusión démica (*ola de avance*) incide en los ritmos y dinámicas de transmisión de las innovaciones tecnológicas entre los grupos locales (Cavalli-Sforza, 2002:81). Este modelo fue aplicado a la Península Ibérica con el nombre de “*modelo dual*” (Bernabeu, 2002; Bernabeu et al., 2002, 2009, 2012), fundamentado a partir de lo que denominan como *la colonización del territorio* por comunidades neolíticas provenientes del Mediterráneo oriental. Los descubrimientos recientes en yacimientos como El Barranquet (Oliva, Valencia) y el Mas d’Is (Penàguila, Alicante) han propuesto el papel activo de varios grupos culturales neolíticos en la zona del Levante peninsular, pero con diferentes tradiciones cerámicas: la cultura impresa liguriana y la cardial (Bernabeu et al., 2009; García-Aténzar, 2010). El *modelo dual* descrito principalmente para la zona levantina confluye en gran medida con los modelos de neolitización mixtos propuestos para la zona europea (García-Puchol et al., 2016). Dicho modelo combinaría el movimiento de población (neolitización directa de los grupos mesolíticos por el contacto de las poblaciones neolíticas) y de la información (neolitización indirecta por la circulación de la información en los grupos mesolíticos). De este modo, la expansión neolítica en la Península Ibérica tendría lugar sobre un espacio donde existía un poblamiento mesolítico previo, aunque en el área mediterránea los primeros domésticos aparecen en áreas donde el poblamiento mesolítico muestra importantes vacíos (ca. 5800-5600 cal ANE) (García-Puchol et al., 2016).

Otro modelo para explicar la neolitización de la Península Ibérica es el que incide en la expansión neolítica a través de fenómenos de colonización pionera a pequeña escala, aunque discontinuos en el espacio (Van Andel y Runnels, 1995:496), arrítmicos e irregulares, no acompañados en el tiempo ni con velocidad continua de expansión (Guilaine, 2000,2001, Guilaine y Manen, 2007). Por el contrario, Zilhao (1997, 2001) defiende una colonización marítima rápida y a larga distancia. Cabe resaltar la discusión en torno a la posibilidad de la vía

de entrada del Neolítico en la Península Ibérica, contemplando una doble vía: el sur de Francia (Bernabeu et al., 2009), a partir de las evidencias del horizonte inicial impreso, y el norte de África (Carvalho, 2009; Aura et al., 2013), a partir de las formas y decoraciones del material cerámico.

Frente a los modelos difusionistas propuestos para la neolitización de la Península Ibérica existen diferentes modelos teóricos que ponen en relieve la evolución gradual de grupos cazadores y recolectores locales. Algunos de estos contemplan un cierto grado de movilidad poblacional o el origen foráneo de ciertos elementos. En el primer caso, cabe comentar el modelo de “*difusión capilar*” (Vicent, 1990), modelo que se fundamenta en los contactos establecidos por los grupos mesolíticos con grupos vecinos. Otros trabajos, como el de Ramos (2005), propone la teoría del “*círculo del estrecho*” caracterizada por el surgimiento de la economía productora de forma autóctona en la región como resultado de la propia dinámica interna de los grupos mesolíticos. Para otras zonas de la Península Ibérica se ha propuesto la evolución gradual de los grupos mesolíticos hacia el Neolítico en base a la documentación de cerámica en contexto de cazadores-recolectores (para el Valle del Ebro véase Alday, 1996, Alday et al., 2012; para Portugal véase Carvalho, 2003).

Estudios recientes han tratado de correlacionar las primeras fechas radiocarbónicas ( $^{14}\text{C}$ -AMS) de las evidencias más tempranas de la agricultura y la ganadería con la expansión del Neolítico en la Península Ibérica (Zilhao, 2011; Garcia-Puchol et al., 2016; Oms, 2016). Se ha documentado un incremento del número de asentamientos entre el ca. 7000 cal ANE y el ca. 5800 cal ANE, produciéndose a partir de esta fecha un punto de inflexión seguido por una disminución progresiva de yacimientos que coincide con el momento de introducción de las primeras especies domésticas. Algunos autores han propuesto el factor climático como responsable de la disminución de población por el evento 8.2 ka cal BP (ca. 6200-6000 cal ANE) (Frigola et al., 2007). Durante el intervalo cronológico 5600-5400 cal ANE se documenta un aumento notable de las ocupaciones en el litoral mediterráneo y una expansión rápida hacia el interior peninsular (Bernabeu et al., 2014; Garcia-Puchol et al., 2016).

Para el ámbito geográfico que ocupa nuestro trabajo, el Noreste de la Península Ibérica, existe una discontinuidad en la ocupación de esta zona entre el 6500-5500 cal BC (Barceló, 2008). Las primeras evidencias de recursos domésticos se remontan al 5390 cal ANE en la cova Can Sadurní (Begues, Barcelona) (Edo et al., 2011; Antolín, 2016). De forma simultánea se ocupa la zona este del pre-Pirineo oriental con el yacimiento de la Bauma de Serrat del Pont, 5380 cal ANE (Tortellà, Girona) (Alcalde et al., 2002), Plansallosa, 5250 cal BC (Bosch et al., 1999) y La

Draga, 5201 cal ANE (Banyoles, Girona) (Terradas et al., 2015), y la zona norte del litoral catalán con el yacimiento de Sant Pau del Camp, 5360 cal ANE (Barcelona) (Molist et al., 2008). Estos yacimientos se encuentran en áreas previamente ocupadas durante el Mesolítico, pese a no existir continuidad entre ambos periodos (Antolín, 2016).

## CAPÍTULO 2

### Materiales y métodos

En este capítulo, se concreta el marco temporal y espacial de análisis, con la presentación detallada de los yacimientos, conjuntos y muestras estudiados. Se realiza en primer lugar una sistematización de la secuencia crono-cultural seguida para la realización de la presente tesis doctoral.

#### 2.1. Marco temporal

En el noreste de la Península Ibérica el Neolítico comprende una secuencia cronológica que abarca desde el ca. 5500 cal ANE hasta el ca. 3300 cal ANE (Barceló, 2008). El período precedente (ca. 6500-5500 cal ANE), última fase del Mesolítico, se caracteriza por la práctica ausencia de yacimientos arqueológicos. Por el contrario, el registro arqueológico perteneciente al período Neolítico se caracteriza por un aumento progresivo de contextos arqueológicos en el área (Barceló, 2008; Rojo et al., 2012; García-Puchol et al., 2016, Oms et al., 2017). Este hecho ha permitido establecer, a partir del registro cerámico, una secuencia crono-cultural que comprende las siguientes etapas (Tabla 2.1):

Secuencia cultural	Secuencia cronológica (cal ANE)
Neolítico Inicial Cardial	ca. 5400-5000
Neolítico Inicial Epicardial	ca. 5000-4400
Neolítico Medio Molinot/Montboló	ca. 4400-3600
Neolítico Medio-Sepulcros de fosa	ca. 4000-3300
Neolítico Final-Veraza	ca. 3200-2000

**Tabla 2.1.** Secuencia cronocultural establecida para el noreste de la Península Ibérica (Barceló, 2008).

En general, estas diferentes fases crono-culturales venían estableciéndose a partir de las características morfológicas de los materiales arqueológicos. Para el Mesolítico, a partir de los componentes tipológicos de la industria lítica, y para el Neolítico, principalmente, a partir de



los tipos o formas cerámicas. En este sentido, tradicionalmente la clasificación de los yacimientos en el período Mesolítico y Neolítico se ha basado más en las características morfológicas o estilísticas de los artefactos, y en la presencia o ausencia de ciertos ítems arqueológicos, que en las propias dataciones radiocarbónicas, si bien recientemente esta tendencia está cambiando. Del mismo modo, la secuencia crono-cultural ha tratado el final de las sociedades cazadoras-recolectoras y el inicio de las agrícola-ganaderas desde una óptica mayoritariamente rupturista en cuanto a la explicación de los procesos de domesticación animal y vegetal, enfatizando las perspectivas difusionistas y las influencias foráneas, en claro detrimento del estudio de procesos internos de cambio de estas comunidades. Se exponen a continuación los principales rasgos que caracterizan cada uno de estos intervalos temporales.

### **2.1.1. El Mesolítico (ca. 13000-5500 cal ANE)**

El inicio del Holoceno se caracteriza en el área de estudio por la presencia de yacimientos representativos de las últimas sociedades cazadoras-recolectoras. A modo de síntesis, la transición del Paleolítico al Mesolítico se sitúa en el ca. 13000-12000 cal ANE y posiblemente está relacionada con modificaciones climáticas y ecológicas (Barceló, 2008). El Mesolítico se caracteriza, en el noreste de la Península Ibérica, por ser un período discontinuo y por la presencia relativamente baja de asentamientos. Los datos obtenidos a partir de dataciones radiocarbónicas (Barceló, 2008; García-Puchol et al., 2016) muestran dos intervalos cronológicos caracterizados por la disminución paulatina de yacimientos arqueológicos. El primer intervalo abarca de ca. 9100 cal ANE a 6500 cal ANE, coincidiendo con el período climático Younger Dryas; el segundo intervalo correspondería a ca. 6500 cal ANE hasta 5400 cal ANE, es decir, a los momentos anteriores a las primeras evidencias neolíticas en el noreste peninsular. Es importante remarcar que yacimientos como Bauma Margineda (Sant Julià de Lòria, Andorra) o Cueva del Parco (Alòs de Balaguer, Lleida) presentan discontinuidades cronoculturales entre ambos intervalos (Estévez 2005; Moreno-Martínez et al., 2007).

Tradicionalmente, esta secuencia se ha dividido en dos horizontes culturales sucesivos en base a las características de la cultura material, en concreto de los conjuntos líticos. El primero de ellos corresponde a la fase denominada microlaminar, que deriva del magdalenense. El registro se caracteriza por la ausencia de industria ósea y por la presencia cuantitativamente superior a los momentos precedentes de raspadores y laminitas de dorso. El segundo momento corresponde a la fase geométrica, caracterizada por la presencia de microlitos de

forma triangular y semicircular en un primer momento y trapezoidal después (Forteza, 1987; Faus, 2000).

Las actividades de subsistencia que se practican durante el Mesolítico están caracterizadas por la recolección y la caza.

### **2.1.2. El Neolítico Inicial (ca. 5500-4400 cal ANE)**

Los contextos arqueológicos del Neolítico Inicial en el noreste peninsular se caracterizan por la presencia de cerámica cardial y epicardial. Las primeras evidencias neolíticas se documentan ca. 5500 cal ANE, con un progresivo aumento de los contextos arqueológicos entre ca. 5300-5200 cal ANE (Barceló, 2008; Rojo et al., 2012). Éstos corresponden a asentamientos en cueva y en aire libre. Así pues, según estas fechas, las primeras evidencias neolíticas son unos 100 años posteriores a las del Levante peninsular y contemporáneas a las documentadas para las zonas de Provenza y el Rhône (Francia meridional).

En la mayor parte de los asentamientos estudiados no se documenta la continuidad entre el período Mesolítico y Neolítico. De forma concreta, los yacimientos de Can Sadurní (Begues, Barcelona), Cova del Vidre (Ports de Beseit, Tarragona), Bauma de Serrat del Pont (Lliverca, Girona) y la Bauma Margineda (Sant Julià de Lòria, Andorra) presentan un lapso de tiempo breve entre la secuencia mesolítica y la neolítica (Alcalde et al., 1991; Clop et al., 2008; Rojo et al., 2012; Saña, 2013).

Los asentamientos documentados en cuevas y abrigos se caracterizan por tener una funcionalidad diversa: desde lugares destinados al cuidado del ganado y almacenamiento (Cova de la Guineu, Font-Rubí-Barcelona; Cova del Frare, Matadepera-Barcelona; Cova 120, Sales de Lliverca-Girona) hasta lugares con representación directa del desarrollo de actividades agrícola-ganaderas (Bauma de Serrat del Pont, Tortellà-Girona; Plansallosa, Sales de Lliverca-Girona). Los asentamientos al aire libre se caracterizan por la preservación de estructuras excavadas en el suelo (fosas, silos) y, en momentos posteriores, enterramientos aislados o colectivos: Font del Ros (Berga, Barcelona), Can Roqueta (Sabadell, Barcelona). Son escasos los ejemplos de estructuras de habitación. En los momentos finales del Neolítico Inicial se documenta la presencia de espacios sepulcrales colectivos, tanto en cuevas (Cova de l'Avellaner, Les Planes d'Hostoles-Girona; Cova dels Lladres, Vacarisses-Barcelona); Cova del Toll, Moià-Barcelona) como en aire libre (Sant Pau del Camp, Barcelona). Asimismo, a partir de estas cronologías se empieza a documentar la construcción de estructuras megalíticas (Collet

de Rajols, Santa Maria de Corcós-Barcelona; Font de la Vena, Tavertet-Barcelona; Padró, Tavertet- Barcelona) (Cruells et al., 1992; Molist y Clop, 2000).

Las actividades de subsistencia se caracterizan por el cultivo de cereales (trigo y cebada) y leguminosas (lenteja, haba, guisante) (Buxo, 2008; Antolín, 2013), así como la explotación polivalente de las cuatro principales especies animales domésticas (oveja, cabra, cerdo y buey) (Saña, 1998; 2011, 2013). En cuanto a las formas cerámicas documentadas en el horizonte cardial, destacan los cuencos, jarras cilíndricas, cuencos tulipiformes, copas, botellas globulares con cuello marcado, vasos amforoides con superficies lisas y elementos de prensión con asas anulares, de cinta y lengüetas. Los elementos decorativos consisten en impresiones realizadas con conchas dentadas, cordones lisos o impresos y los temas decorativos más destacados son las bandas o líneas con motivos geométricos. En cuanto al horizonte epicardial, y como sucede con la cerámica cardial, destacan las decoraciones plásticas como las incisiones y las acanaladuras (Clop, 2007). Finalmente, la materia prima utilizada para el utillaje lítico (lascas, raederas, raspadores, escotaduras o piezas con retoques marginales) procede tanto de áreas de aprovisionamiento locales como foráneas. Entre la materia prima más común destaca el sílex, y en menor medida cuarzo, cuarcita, jaspe y caliza (Palomo, 1999; Terradas et al., 2011).

### **2.1.3. El Neolítico Medio (ca. 4400-3300 cal ANE)**

Durante el Neolítico Medio se documentan cambios en los patrones de asentamiento, en las prácticas funerarias, así como en las características de los productos cerámicos y líticos, constatándose también la explotación de calaíta y su intercambio (Clop et al., 2008; Rojo et al., 2012). Sin embargo, como en el caso del Neolítico Inicial, prácticamente no se documentan estructuras de habitación bien delimitadas. Por su parte, las estructuras excavadas en el suelo (fosas, silos, enterramientos) están bien caracterizadas (Rojo et al., 2012).

Para este período se dispone de un registro funerario excepcional, definido por sepulcros de fosa con inhumaciones individuales o dobles en fosa y en cista (Bobila Madurell-Can Gambús, Sabadell-Barcelona). Se continúan explotando las minas de Gavà para la obtención de calaíta. Bosch y Santacana (2009) documentan la distribución de cuentas de collar y utillaje de calaíta, procedente de las minas de Gavà, por toda Cataluña y el sur de Francia.

En lo que respecta a las actividades de subsistencia, al igual que en el Neolítico Inicial, la agricultura se caracteriza por una explotación de trigo y cebada con variedades vestidas y

desnudas (Antolín, 2013), mientras que la ganadería por la explotación polivalente de las cuatro principales especies domésticas (Saña, 2015). En cuanto a las formas cerámicas, las más usuales son la olla bitroncocónica de fondo convexo con asas de cinta opuestas, las grandes jarras ovoides con asas de cinta diametralmente opuestas y las escudillas carenadas, todas ellas de paredes lisas. El horizonte Montboló está caracterizado por decoraciones arciformes con cordones lisos, superficie lisa y de color negro/marrón, y asa tuneliforme en disposición vertical. En cambio, el horizonte Molinot se caracteriza por decoraciones mediante nervaduras y crestas (Martín, 1991; Clop, 2010). Finalmente, el cambio más significativo en la industria lítica es la aparición de láminas de sílex melado y de microlitos geométricos (triángulos y trapecios) (Terradas y Gibaja, 2002).

#### **2.1.4. El Neolítico Final (ca. 3200-2000 cal ANE)**

A partir del ca. 3300 cal ANE se producirán una serie de transformaciones que marcan el final del Neolítico en el noreste peninsular. El trabajo de Clop (2000) propone tres etapas en las transformaciones del patrón de asentamiento durante este período. En una primera etapa (3050-2500 cal ANE) predominarían los yacimientos en cueva con una progresiva presencia de yacimientos en aire libre. A partir del ca. 2500 cal ANE se documenta una disminución en el uso de las cuevas y un aumento de los asentamientos en aire libre. Finalmente, entre el ca. 2000 cal ANE y ca. 1500 cal ANE, se produciría una reutilización de las cuevas como lugar de habitación.

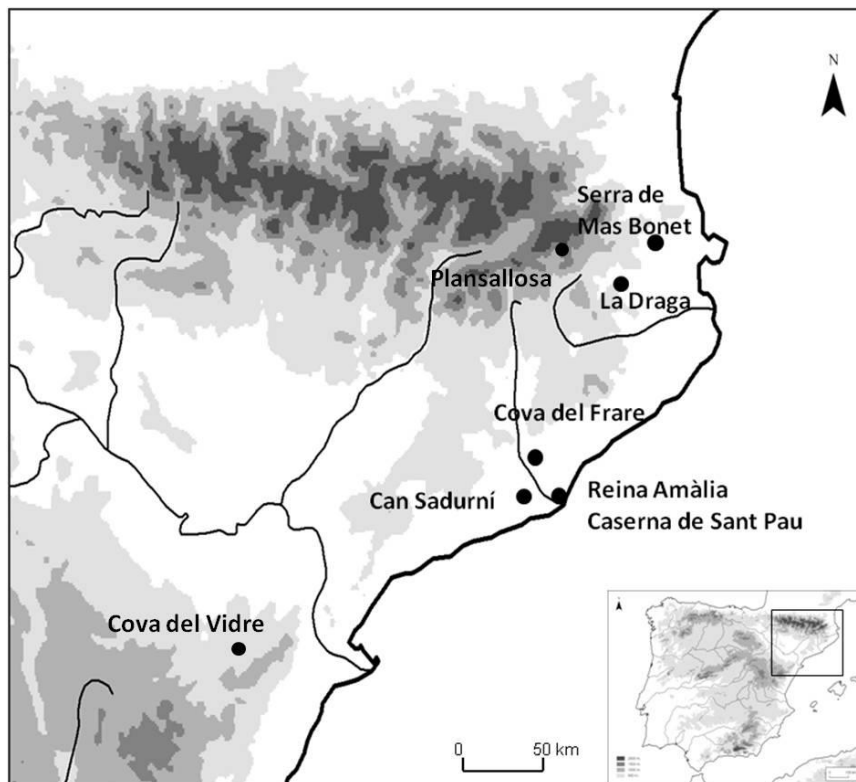
Una de las características más destacadas es la documentación de enterramientos colectivos en cuevas o en estructuras de carácter megalítico (corredor con cámara trapezoidal/rectangular como en el yacimiento de Mas Bousarenys, en el Empordà, Girona). Los enterramientos se caracterizan, generalmente, por una inhumación secundaria, con la deposición en la sepultura de las partes del esqueleto más significativas (Subirá, 2010).

Las actividades de subsistencia no presentan diferencias respecto a los períodos precedentes, documentándose la explotación de cultivos de cereales y leguminosas (Buxó, 2008; Antolín, 2016), y la explotación polivalente de *Sus domesticus*, *Capra hircus*, *Ovis aries* y *Bos taurus* (Saña, 2013; Saña et al., 2015). Sí existen cambios en la industria lítica, con el abandono de los microlitos geométricos y la documentación de piezas de mayor tamaño pulimentadas (Borrell, 2009). Del mismo modo, también se produce una transformación en la cerámica respecto al Neolítico Medio, ahora caracterizada por la influencia francesa a través de la denominada cerámica Veraziense, de paredes lisas y la proliferación de protuberancias (Clop, 2008).

## 2.2. Marco espacial

### 2.2.1. Yacimientos y conjuntos arqueológicos analizados

Los conjuntos arqueológicos analizados en este trabajo corresponden al Neolítico Inicial y están ubicados en el noreste de la Península Ibérica, distribuidos desde los Pirineos Orientales hasta la costa Mediterránea. Se ha analizado asentamientos en aire libre del área litoral (Reina Amàlia, Caserna de Sant Pau y Serra de Mas Bonet) y del interior (La Draga, Plansallosa), así como asentamientos en cueva situados en áreas más montañosas (Cova del Frare, Can Sadurní, Cova del Vidre) (Figura 2.1 y Tabla 2.2). Se presenta a continuación su localización, cronología y descripción de sus características principales.



**Figura 2.1.** Localización de los yacimientos estudiados.

Yacimiento	Localización	Nivel	<sup>14</sup> C yr BP	Material	<sup>14</sup> C yr cal BP (2σ)	<sup>14</sup> C yr cal ANE (2σ)	Bibliografía	Lab-Código
Serra de Mas Bonet	Gerona	-	-	Hueso animal	-	4900-4600	Saña et al., 2015	-
La Draga	Gerona	-	6010±70	Hueso animal	7150-6670	5201-4721	Saña, 2011	Beta-298438
Cova del Frare	Barcelona	C6	6150±40	Hueso animal	7165-6942	5216-4993	Navarrete, Saña, inédito	Beta-436332
		C5	6020±40	Hueso animal	6950-6770	5000-4820	Navarrete, Saña, inédito	Beta-325687
Reina Amàlia	Barcelona	I-II-III	5670±40	Hueso animal	6560-6322	4611-4373	Navarrete, Saña, inédito	Beta-259278
Caserna de Sant Pau	Barcelona	-	6290±50	Hueso animal	7321-7025	5372-5076	Colominas et al., 2008	Beta-236174
Can Sadurní	Barcelona	10b/11	5540±40	Hueso animal	6405-6284	4456-4335	Saña et al., 2015	Beta-210653
		17	6050±110	Carbón	7240-6659	5291-4710	Saña et al., 2015	Beta-127898
Plansallosa	Gerona	I	6130±60	Carbón	7174-6803	5225-4854	Saña, 1998	Beta-74313
		II	5870±80	Carbón	6889-6491	4940-4542	Saña, 1998	Beta-74312
Cova del Vidre	Tarragona	N.II	6180±90	Carbón	7275-6800	5326-4851	Saña et al., en prensa	Beta-58934

**Tabla 2.2.** Cronología de los yacimientos estudiados.

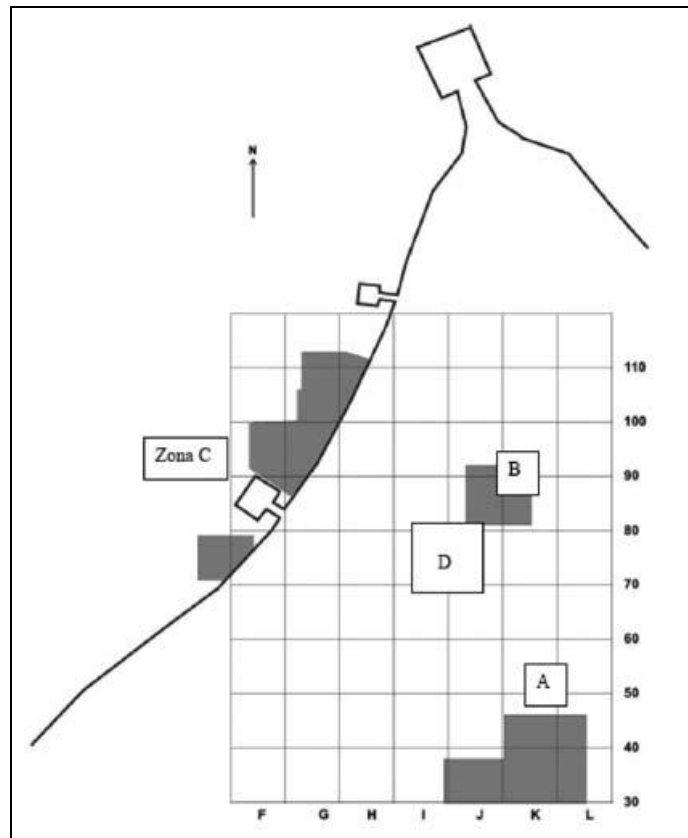
### 2.2.1.1. La Draga (Banyoles, Girona)

La Draga es un asentamiento en aire libre situado en la orilla oriental de l'Estany de Banyoles a 170 msnm. La existencia del yacimiento de La Draga fue documentada en 1990 a partir de las obras efectuadas en el lago para los Juegos Olímpicos. A partir de 1991 y hasta 2005 se realizaron de forma sistemática diversas campañas de excavación arqueológica subvencionadas por el Museu Arqueològic Comarcal de Banyoles (MACB) y dirigido por Josep Tarrús, Júlia Chinchilla y Àngel Bosch. A partir del año 1998 y hasta el 2013 se retoman los trabajos arqueológicos en el marco de los proyectos: *"La Draga i les ocupacions lacustres prehistòriques de l'estany de Banyoles dins del context de l'Europa Occidental (2008-2013)"*

subvencionado por la Generalitat de Catalunya; "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), financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación; "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), financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad. Estos trabajos han sido coordinados por Josep Tarrús y en el que participan Àngel Bosch y Júlia Chinchilla (MACB), Raquel Piqué y Maria Saña (UAB), Xavier Terradas (CSIC-IMF), Ramón Buxó (MAC) y Antoni Palomo (UAB-CSIC-Arqueolític). Los trabajos arqueológicos llevados a cabo entre el 2008 y 2009 se dedicaron a las prospecciones sistemáticas de la orilla de l'Estany de Banyoles con la realización de 100 sondeos con una sonda neumática (Bosch et al., 2011). Durante los dos últimos años del proyecto (2010-2012) se reanudaron los trabajos de excavación del yacimiento. Las excavaciones arqueológicas realizadas a partir del año 2012 y hasta la actualidad se han realizado en el marco de los proyectos de investigación "Arquitectura en madera y áreas de procesado y consumo de alimentos" (HAR2012-38838-C02-02) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación; y "*La Draga en el procés de neolitització del nord-est peninsular*" (2014/100822) financiado por la Generalitat de Catalunya.

Desde el año 1991 hasta la actualidad se han llevado a cabo distintas campañas de excavaciones arqueológicas en distintas zonas del asentamiento (Zona A, terrestre; Zona B y D, freáticas; y Zona C, subacuática) (Bosch et al 2000, 2011) (Figura 2.2). Cabe destacar que gran parte del yacimiento se encuentra en ambiente freático, lo cual ha permitido una excelente conservación de los restos orgánicos (Figura 2.3).

Las dataciones recientes sitúan cronológicamente el poblado entre el 5201-4721 cal ANE (Palomo et al., 2014; Terradas et al., 2015). A partir de los análisis dendrocronológicos realizados se establece la duración del poblado en torno a 100 años. El asentamiento tendría una extensión de unos 8000 m<sup>2</sup>, del cual solo se ha excavado un área de 800 m<sup>2</sup> aproximadamente (Bosch et al., 2011). El asentamiento se caracterizaría por una hilera de construcciones rectangulares elevadas en la zona cercana al lago, y construcciones ovaladas en la zona interior junto a las construcciones denominadas graneros (Bosch et al., 2011).



**Figura 2.2.** Localización de los sectores arqueológicos del yacimiento de La Draga.



**Figura 2.3.** Trabajos de excavación realizados durante el año 2010-2012 en el Sector D del yacimiento de la Draga.



La zona B y D se caracterizan por la presencia de dos niveles arqueológicos claros. Esta separación se ha llevado a cabo a partir de las estructuras arquitectónicas y no es homogénea en todo el yacimiento estudiado (Bosch et al., 2011). En cambio, en las zonas A y C la separación en dos niveles estaría delimitada por un leve nivel sedimentario. El primer nivel arqueológico (5114-4911 cal ANE) se caracteriza por la construcción de cabañas o graneros de travertinos formando empedrados de forma ovalada o subrectangular. El segundo nivel (5394-5096 cal ANE) estaría caracterizado por la construcción de cabañas rectangulares de madera.

El análisis de polen muestra la existencia de un área de bosque denso alrededor del asentamiento, los bosques de hoja caduca fueron la vegetación predominante, especialmente el roble y el avellano (Pérez-Obiol y Julià, 1994; Burjachs, 2000; Caruso-Fermé y Piqué, 2014; Revelles et al., 2016).

La economía de subsistencia implicó la explotación de las cuatro principales especies de animales domésticas (*Ovis aries*, *Capra hircus*, *Sus domesticus* y *Bos taurus*) y de especies animales salvajes, incluyendo mamíferos, peces, aves y moluscos (Saña, 2011, 2013). Se han recuperado y analizado 21.793 restos de fauna en las campañas de 1991 hasta 2014. Se ha documentado la explotación como mínimo de 51 especies animales diferentes, entre ellas 46 salvajes y 5 domésticas, siendo estas últimas las que suministran mayor cantidad de productos animales (Saña, 2011; Navarrete y Saña, 2013). La gestión animal desarrollada en el asentamiento de La Draga se centra de manera prioritaria en la actividad ganadera. Se trata de una ganadería mixta, con un peso económico importante de los cuatro principales taxones domésticos.

Las prácticas agrícolas están confirmadas por los conjuntos macrobotánicos de *Hordeum distichum*, *Triticum durum / turgidum*, *Triticum aestivum*, *Triticum dicoccum*, *Triticum monococcum*, *Triticum sp.*, *Vicia faba* y *Pisum sativum* (Buxó, 2007; Antolin & Buxó, 2012; Antolín et al., 2014). La agricultura y la ganadería fueron las principales actividades económicas, seguida de la caza y recolección de plantas silvestres (Saña, 2013; Antolín et al., 2014).

En la presente tesis doctoral se presenta la continuación de los estudios arqueozoológicos realizados por la Dra. María Saña desde el año 1991 hasta el año 2010 (Saña, 1993, 1998, 2005, 2011). Para este trabajo, se ha llevado a cabo el análisis arqueozoológico de los conjuntos de restos faunísticos procedentes de las excavaciones arqueológicas del Sector D (2010-2012) y

del Sector A (2013-2014) con un total de 5143 y 982 restos faunísticos analizados, respectivamente (Navarrete y Saña, 2013; Antolín et al., 2014, 2017).

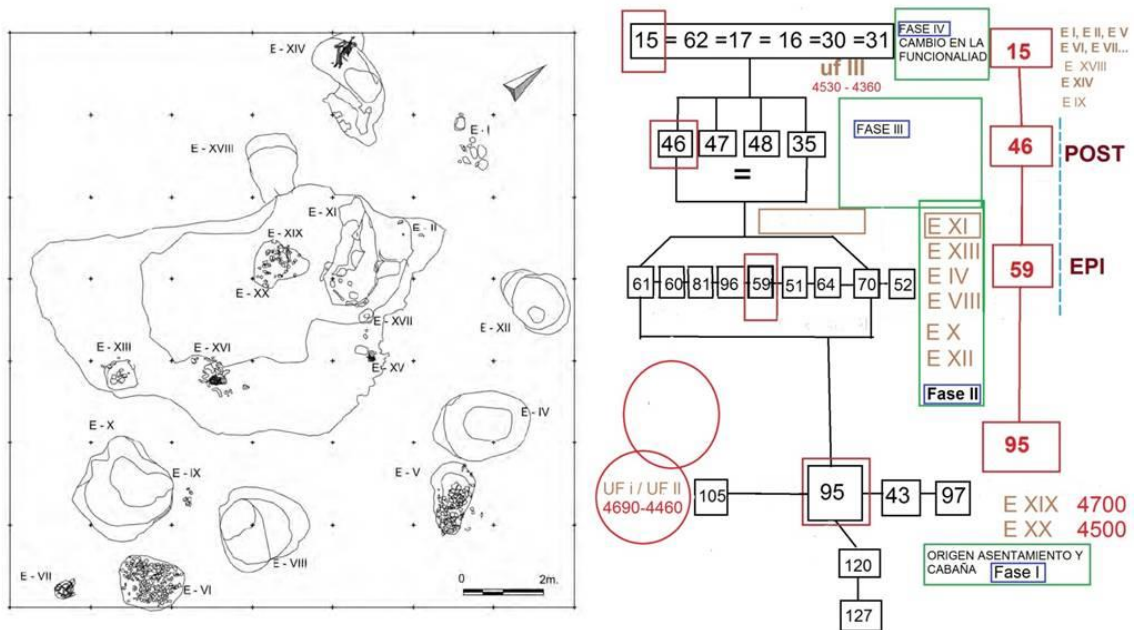
### **2.2.1.2. Reina Amàlia (Barcelona)**

El yacimiento de Reina Amàlia se localiza en Barcelona, en la zona comprendida entre las calles Reina Amàlia, Carretes y Lleialtat, en el barrio del Raval, a 25 msnm. A partir de las obras de remodelación y construcción urbana en un área considerada zona de interés arqueológico se realizaron diversas prospecciones en el año 2003. Estas prospecciones pusieron al descubierto indicios arqueológicos de cronología medieval, de la Edad del Bronce y neolítica, vestigios arqueológicos que justificaron la excavación en extensión durante el 2004 hasta el 2009. Los trabajos arqueológicos se llevaron a cabo por parte de la empresa de arqueología ArqueoCat SL y con la coordinación del Servei d'Arqueologia del Museu d'Història de la Ciutat de Barcelona (MUHBA). En el año 2006 se inicia una colaboración conjunta del MUHBA y el departamento de Prehistoria de la Universidad Autónoma de Barcelona, en el marco del proyecto de investigación "Neolitización y desarrollo de las sociedades agrícola-ganaderas a la costa central de Cataluña" (HUM2010-18612) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y dirigido por el Dr. Miquel Molist.

Para los niveles neolíticos, se excavó una superficie total de 200m<sup>2</sup> donde se documentó una estructura de habitación de planta pseudo-ovalada (Estructura III). Se trata de una superficie de más de 50 m<sup>2</sup> excavada en el subsuelo, con paredes y suelo de morfología irregular (Figura 2.3). Dentro de la estructura se localizaron dos enterramientos infantiles (González et al., 2011), mientras que en el exterior de la Estructura III se hallaron un conjunto de estructuras domésticas distribuidas en torno a la misma: 5 fosas excavadas atribuidas a silos amortizados, 2 estructuras excavadas caracterizadas como indeterminadas/complementarias, y 2 hogares de morfología y dimensiones sencillas de diversa funcionalidad (Figura 2.4) (González et al., 2011).

Se han definido cuatro fases de ocupación a partir de la determinación estructural y tipológica de los niveles de mayor potencia y superficie documentada (secuenciación cronográfica). La primera de las fases (Fase I) corresponde al inicio de la ocupación (4700-4500 cal ANE), constituyendo el relleno más amplio y extenso del fondo. Se han definido estructuras de combustión y dos sepulturas infantiles primarias, individuales, donde los cuerpos se han depositado en pequeñas depresiones de la cresta y se han asociado a los primeros niveles de amortización de la estructura de hábitat (González et al., 2011). La segunda de las fases (Fase

II) destaca por una gran cantidad de piedras y material arqueológico. En este nivel se documenta un número inferior de decoraciones en cerámica por impresión e incisión (González et al., 2011).



**Figura 2.4.** Planta general (izquierda) y relación estratigráfica (derecha) del yacimiento de Reina Amàlia.

La tercera de las fases (Fase III) está caracterizado por la abundancia de cerámica sin decoración cardinal, pobre de decoraciones con impresiones y caracterizada por nansas de cinta y decoraciones plásticas arqueadas. También se documentan fragmentos de vasos con carena y presencia de nansas tubulares, características del horizonte postcardial con materiales significativos de un momento de transición entre el Neolítico Inicial y Medio (González et al., 2011). Por último, la cuarta de las fases (Fase IV) corresponde al abandono del asentamiento. En esta fase se localiza, en la parte norte, una estructura de enterramiento de tipo sepulcro de fosa formada por una abertura/pozo pseudoelíptica y un espacio sepulcral ovalado y paralelo al pozo. La fecha de abandono del poblado se sitúa entre el 4530-4360 cal ANE (González et al., 2011).

La gestión animal desarrollada en el asentamiento de Reina Amàlia consiste en una ganadería mixta, con la explotación polivalente de las cuatro principales especies domésticas (*Sus domesticus*, *Ovis aries*, *Capra hircus* y *Bos taurus*) (Molinas, 2009; Saña y Navarrete, 2016; Navarrete y Saña, inédito). En este yacimiento ha sido posible evaluar el papel de la actividad ganadera durante un amplio intervalo temporal (4700-4300 cal ANE). Los resultados muestran

que no existen cambios significativos a nivel diacrónico. Las leves oscilaciones que se documentan en la representación de las diferentes especies animales, básicamente en los ovicaprinos, son resultado del uso efectuado de los diferentes espacios del asentamiento y del cambio en su funcionalidad a lo largo del tiempo más que de modificaciones sustanciales de la estrategia ganadera implementada (Navarrete y Saña, inédito; Saña y Navarrete, 2016). Las prácticas agrícolas están atestiguadas de manera similar por los restos de *Hordeum vulgare* var. *nudum* y *Triticum aestivum* / *durum* / *turgidum* y *Triticum dicoccum* (Antolín, 2016).



**Figura 2.5.** Estructura III y estructuras exteriores del yacimiento de Reina Amàlia. Fotografía de ArqueoCat.

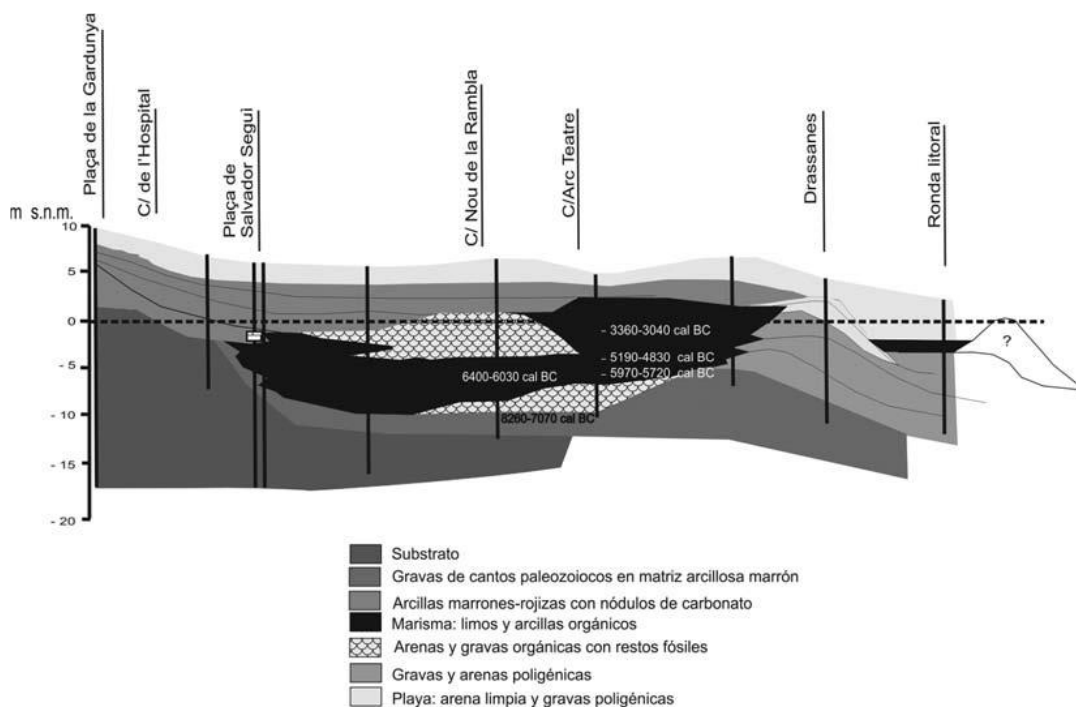
En la presente tesis doctoral se presenta la continuación de los estudios arqueozoológicos realizados por Roger Molina en el año 2009. Para este trabajo, se ha llevado a cabo el análisis arqueozoológico del conjunto de restos faunísticos procedentes de las excavaciones arqueológicas de los niveles neolíticos realizadas entre los años 2008 y 2009. Se ha analizado un total de 3942 restos faunísticos (Saña y Navarrete, 2016; Navarrete y Saña, inédito).

### **2.2.1.3. Caserna de Sant Pau del Camp (Barcelona)**

El yacimiento de Caserna de Sant Pau del Camp se sitúa en la calle Sant Pau de la ciudad de Barcelona a 25 msnm. Entre el año 1988 y 1992 se realizaron diferentes intervenciones arqueológicas en torno al monasterio de Sant Pau del Camp a partir de las obras de adecuación urbanística de esta zona. Los resultados obtenidos documentaron la ocupación desde época romana hasta ocupaciones de época prehistórica. La excavación fue dirigida por Robert Farré y coordinada desde el Servei d'Arqueologia del Museu d'Història de la Ciutat de Barcelona. Durante el año 2006 se inicia una colaboración conjunta del MUHBA y el departamento de

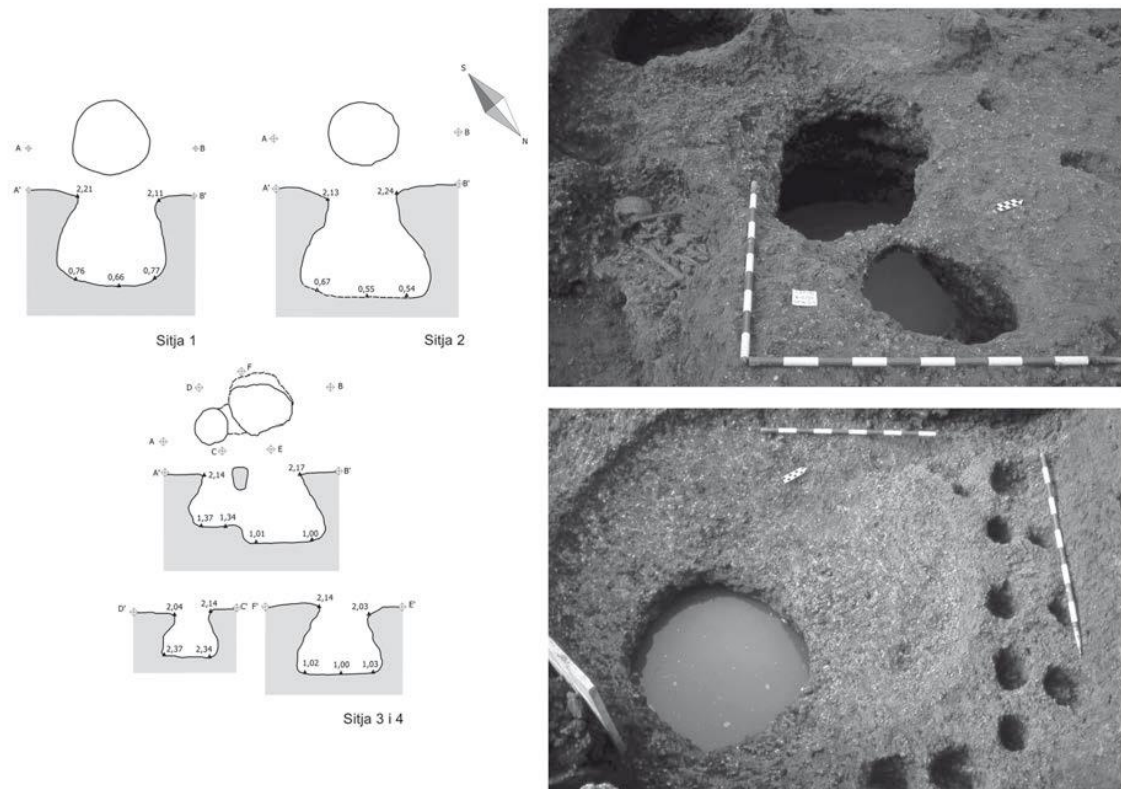
Prehistoria de la Universidad Autónoma de Barcelona, en el marco del proyecto de investigación “Neolitización y desarrollo de las sociedades agrícola-ganaderas a la costa central de Cataluña” (HUM2010-18612) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y dirigido por el Dr. Miquel Molist.

En total, se excavó una superficie de 800m<sup>2</sup>. La estratigrafía del yacimiento fue definida como una sucesión de cinco niveles geológicos y arqueológicos producto del empleo sucesivo y del posterior abandono del espacio (Molist et al., 2008). El nivel I está formado por limos y arcillas, y es arqueológicamente estéril; el nivel II está formado por limos y arcillas de color rojizo-gris con restos arqueológicos atribuidos a dos momentos cronológicos, a la Edad del Bronce Inicial y a la Edad del Bronce Final. El nivel III está formado por limos y arcillas, siendo estéril arqueológicamente. En el nivel IV, formado por limos y arcillas de color oscuro, con mucho componente orgánico, es donde se documentan los restos arqueológicos atribuidos al Neolítico Inicial. Finalmente, el nivel V es un nivel geológico muy compacto y carente de restos arqueológicos (Granados et al, 1993). En el nivel IV (5372-5076 cal ANE) se ha localizado un conjunto significativo de estructuras arqueológicas. Destacan, en primer lugar y también en una posición estratigráfica superior, el conjunto de 24 sepulturas. Son estructuras negativas de tipo fosa, la mayor parte de forma ovalada. Los datos disponibles actualmente indican que se trata de un área que funcionó de manera sincrónica como necrópolis (Figura 2.5).



**Figura 2.6.** Corte estratigráfico del subsuelo del barrio del Raval de Barcelona, de mar (Ronda litoral) a interior (Plaça de la Gardunya) y localización del yacimiento (Lloveras et al., 2014).

El uso continuado de esta área como lugar de habitación queda evidenciado y bien documentado en el conjunto del espacio, y en la mayor parte de la secuencia estratigráfica, gracias a la existencia de estructuras arqueológicas. Estas estructuras, entre las que destacan por su elevado número las estructuras de combustión, están localizadas por toda la superficie excavada y a diferentes profundidades. Se ha podido discriminar entre dos categorías principales de estructuras: los hogares planos o lenticulares, y los hogares en cubeta. Los hogares en cubeta son el grupo más numeroso ( $n = 23$ ) y en su mayoría son estructuras de planta circular o subcircular. Un tipo específico de estructuras arqueológicas son las 9 fosas localizadas en la parte inferior del paquete estratigráfico, distribuidas entre la parte central y el lado sureste, excavadas directamente en el suelo virgen (nivel V). Las aberturas son circulares, los perfiles mayoritariamente troncocónicos, y los fondos aplanados o ligeramente cóncavos (Figura 2.6) (Molist et al., 2008; Basch y Molist, 2016).



**Figura 2.7.** A la izquierda, planta y sección de las estructuras de almacenaje 1,2, 3 y 4. A la derecha, las estructuras 2, 3 y 9 (Basch y Molist, 2016).

La subsistencia se caracteriza por la explotación de animales domésticos (*Sus domesticus*, *Ovis aries*, *Capra hircus* y *Bos taurus*), predominando ovicaprinos, seguidos por bóvidos, suidos y perro. También se documenta la presencia de taxones de origen salvaje, aunque su

importancia cuantitativa era muy testimonial, como jabalí, cabra montesa, corzo, ciervo, tejón, zorro y conejo. Se ha planteado la posible presencia de uro, aunque no se ha podido diferenciar claramente del bóvido doméstico (Colominas et al., 2008).

En la presente tesis doctoral se presenta la revisión de los estudios arqueozoológicos de los niveles neolíticos realizados por Colominas et al. (2008) (NR = 2404) para la obtención de muestras de restos de fauna potencialmente analizables mediante los análisis biomoleculares. La elección y descripción de las muestras analizadas se presenta más adelante (apartado 2.2.5).

#### **2.2.1.4. Cova del Frare (Matadepera, Barcelona)**

Cova del Frare es una cueva situada en el macizo de Sant Llorenç de Munt a 960 msnm. Las campañas de excavación se iniciaron en 1977 y finalizaron en 1984, documentándose la ocupación de la cueva desde el Neolítico Inicial hasta el Calcolítico. Las campañas de excavación arqueológica sistemática se llevaron a cabo bajo la dirección de Araceli Martín y la colaboración del Servei d'Arqueologia del Departament de Cultura de Barcelona y el ayuntamiento de Matadepera.

La secuencia estratigráfica de la cueva se compone de 6 capas (Martín, 1990, 2000; Martín et al., 1981, 2010) (Figura 2.7). La capa 1 corresponde al sedimento superficial. La capa 2 (2484-1946 cal ANE) se caracteriza por formas cerámicas de jarras panzudas y de fondo plano, y formas carenadas. La industria lítica está representada por lascas en sílex de diversa calidad y fragmentos de hoja con muesca retocada. En la capa 3 se documenta una cerámica lisa con formas tradicionales de perfiles curvos y bordes rectos, entrantes o ligeramente revertidos. Las formas cerámicas se caracterizan por la presencia de cuencos y cazuelas, con carenas suaves y fondos convexos. La presión se reduce a mamelones simples. Las decoraciones consisten en incisiones e impresiones a peine (incisos, impresos o mixtos). La industria lítica de la Capa 3 se caracteriza por la presencia de lascas y un trapecio rectángulo con retoque abrupto directo, así como una punta de flecha unifacial, pedunculada y con aletas incipientes, todos ellos de sílex.

La Capa 4 se situaría en el horizonte cronológico del Calcolítico y corresponde a un nivel sepulcral colectivo. Las formas cerámicas están representadas por vasos de diversos tamaños de perfiles curvos y sinuosos con fondos convexos y presión de mamelones simples y superpuestos. La industria lítica se caracteriza por lascas y trapecios con retoque semiabrupto directo. La Capa 5 no posee restos arqueológicos más que en determinados puntos del área

excavada. Se documenta una estructuración del espacio, con una cubeta natural colmatada de piedras. Aunque en algunos puntos de la cueva las formas cerámicas corresponden al horizonte cronocultural Montboló, en otros puntos de la cueva, la Capa 5 ofrece fragmentos cerámicos con decoración cardial, peinada e incisa. Este nivel es característico del horizonte cronológico Epicardial (Capa 6) (Figura 2.8) (Martín, 1990, 2000).

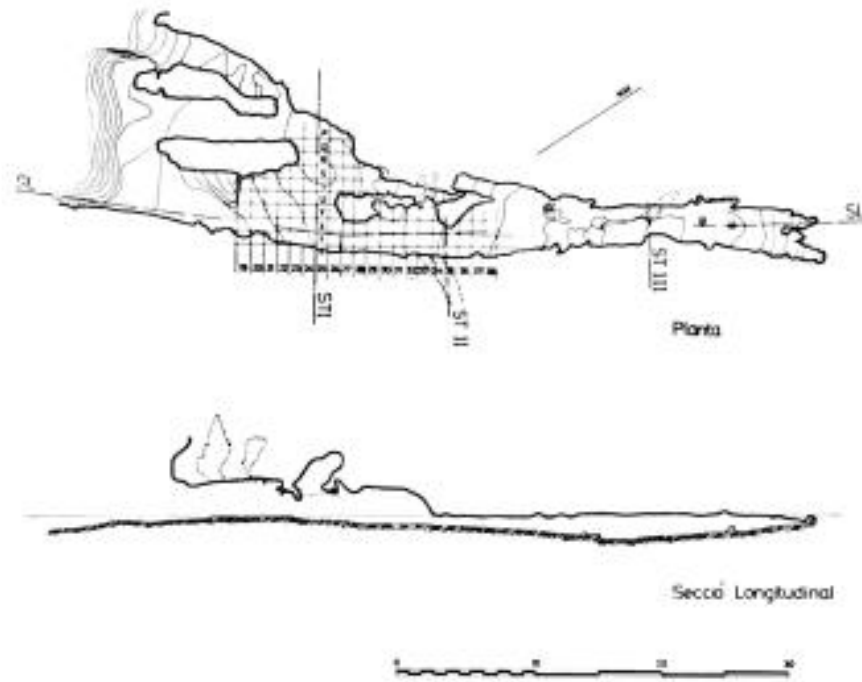


Figura 2.8. Planta y sección del yacimiento de cova del Frare (por Luis Sant).

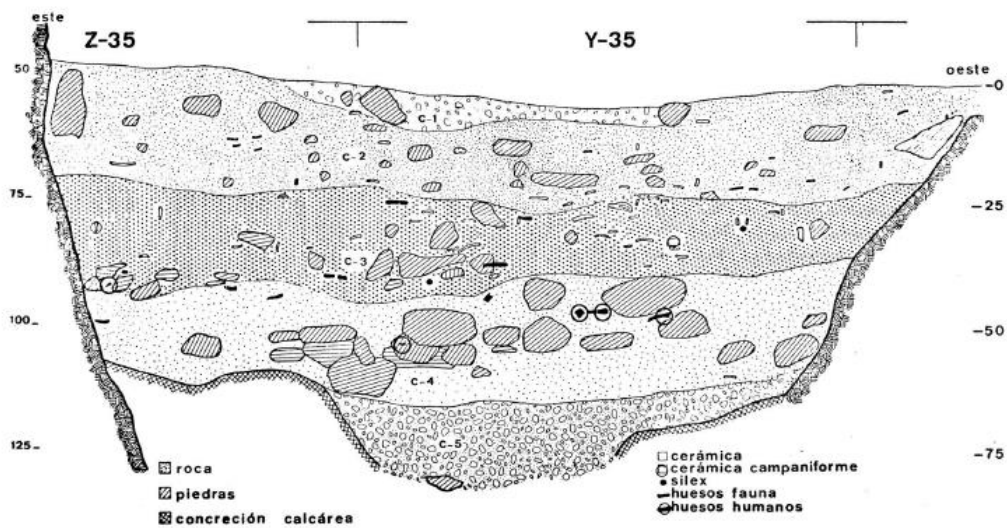


Figura 2.9. Ejemplo de corte estratigráfico de los cuadros Z-35 y Y35 (Martín et al., 1981).

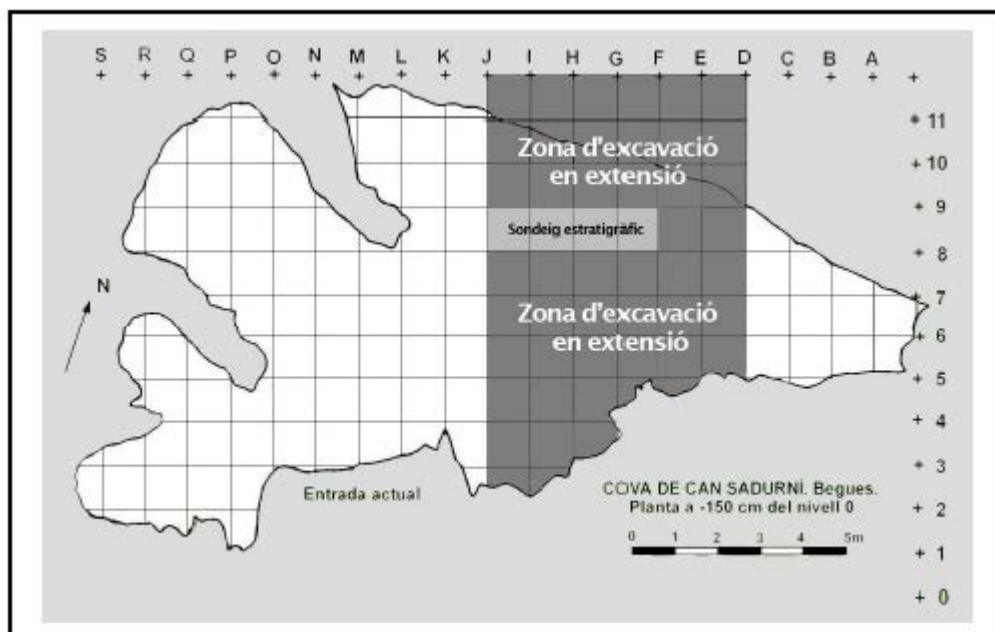


Las prácticas de subsistencia se basan principalmente en la ganadería, con la explotación de las cuatro principales especies domésticas (*Sus domesticus*, *Ovis aries*, *Capra hircus* y *Bos Taurus*) (Estevez et al., 1981, Navarrete y Saña, inédito). No se realizaron análisis arqueobotánicos en el yacimiento, ya que fue excavado a principios de los años ochenta cuando la toma de muestras para dichos análisis no era una práctica común en el área de estudio. Por último, la cueva se ha interpretado como una vivienda estacional de pastores neolíticos, con contenedores de almacenamiento, basura doméstica y restos de producción de herramientas recuperados en el sitio (Martín et al., 2010).

En la presente tesis doctoral se presenta la continuación de los estudios arqueozoológicos realizados por el Dr. Jordi Estévez en 1981 (Estévez et al., 1981). Para este trabajo, se ha llevado a cabo la revisión y análisis arqueozoológico de los conjuntos de restos faunísticos procedentes de los niveles neolíticos antiguos (Capa 5 y 6), con un total de 2689 restos faunísticos analizados (Navarrete y Saña, inédito; Antolín et al., 2017).

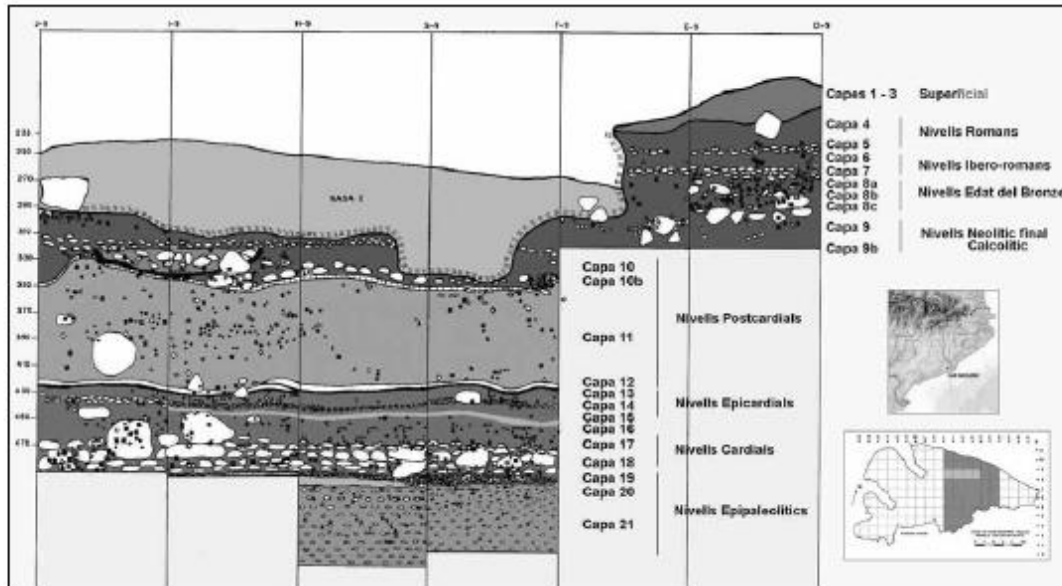
#### **2.2.1.5. Can Sadurní (Begues, Barcelona)**

La Cova de Can Sadurní está ubicada en el término municipal de Begues, al lado de una pequeña colina en el macizo calcáreo del Garraf (Baix Llobregat, Barcelona) a 421 msnm. Está situada cerca de dos rutas históricas que conectan la planicie de Barcelona con las zonas costeras del sur. La cavidad está orientada al sur y abarca cerca de 200 m<sup>2</sup>, mientras que al sur la terraza abarca alrededor de 325 m<sup>2</sup> (Figura 2.9) (Edo et al., 2011). La cueva se descubrió en el año 1945, aunque no fue hasta 1975 que se realizó el primer sondeo arqueológico por J. De la Vega y F. Rosella para comprobar la magnitud del yacimiento. A partir del año 1978 y hasta el 1983 se inician las excavaciones arqueológicas sistemáticas realizadas por el Grup de Recerques Arqueològiques de Gavà (Universitat de Barcelona). En el año 1991 se estructura un nuevo proyecto de investigación "*Neolític al Baix Llobregat*" financiado por la Generalitat de Catalunya y avalado por la Universidad de Barcelona. A partir del año 2005 estas campañas arqueológicas se integren dentro del marco del proyecto de investigación "*La Prehistòria al sud-est del Llobregat, de la costa al massís de Garraf-Ordal*" (2005-2013) y "*Les comunitats prehistòriques del Massís de Garraf nord. Orígens, genètica, patrons d'assentament, trets culturals, recursos i mobilitat durant la prehistòria recent*" (2014-2017), ambos proyectos financiados por la Generalitat de Catalunya y dirigidos por Manuel Edo.



**Figura 2.10.** Planta de la cova de Can Sadurní (Edo et al., 2011).

Se han documentado 27 niveles estratigráficos que abarcan el intervalo cronológico desde el Epipaleolítico microlaminar hasta niveles con ocupaciones de cronología romana. Se describen a continuación los niveles neolíticos, objeto de estudio de este trabajo. La Capa 18 (5291-4710 cal ANE) corresponde a un enterramiento colectivo acompañado de un numeroso ajuar: recipientes de cerámica llenos de semillas carbonizadas, extremidades de oveja, placas hechas de conchas marinas y otros elementos (Blasco et al. 2005). La Capa 11 (4456-4335 cal ANE) corresponde a un lugar de estabulación del ganado. Los datos arqueozoológicos y de micromorfología del suelo confirman el uso de la cueva probablemente durante todo el año (Bergadà y Cervelló 2011, Saña et al. 2015). En este contexto, se han documentado evidencias de producción de cerveza y una figurilla antropomórfica realizada en cerámica (Blasco et al., 2008). La Capa 10 probablemente es la continuación de la ocupación de la Capa 11. Una de las principales diferencias se hallaría en la terraza, fuera de la cueva, donde se han documentado pozos de almacenamiento de grano (Edo et al., 2011) (Figura 2.10).



**Figura 2.11.** Corte estratigráfico de la Cueva Can Sadurní (Blasco et al., 2005).

La economía de subsistencia implicó la explotación de *Sus domesticus*, *Ovis aries*, *Capra hircus* y *Bos taurus*. Los análisis arqueozoológicos han puesto en relieve el uso estacional de la cueva durante los momentos iniciales del Neolítico Antiguo, este uso estaría vinculado con la reproducción de los ovicápridos y la explotación láctea. A partir del Neolítico postcardial, se documenta una intensificación de la actividad ganadera y el uso de la cueva como lugar de estabulación (Saña et al., 2015). Las prácticas agrícolas están igualmente representadas por varios cultivos, como *Hordeum vulgare*, *Hordeum distichon*, *Hordeum vulgare var. nudum*, *Triticum aestivum / durum*, *Triticum dicocum*, *Triticum monococum*, *Lens culinaris*, *Pisum sativum*, *Papaver somniferum* y posiblemente también *Linum usitatissimum* (Antolín, 2016; Antolín et al., 2017). También se explotaron recursos silvestres vegetales (*Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Pinus sp.*, *Quercus sp.* y *Vitis vinifera subsp. Sylvestris*) y animales (*Sus scrofa*, *Capra pyrenaica* y *Capreolus capreolus*: (Blasco et al., 1999; Antolín et al., 2015; Saña et al., 2015).

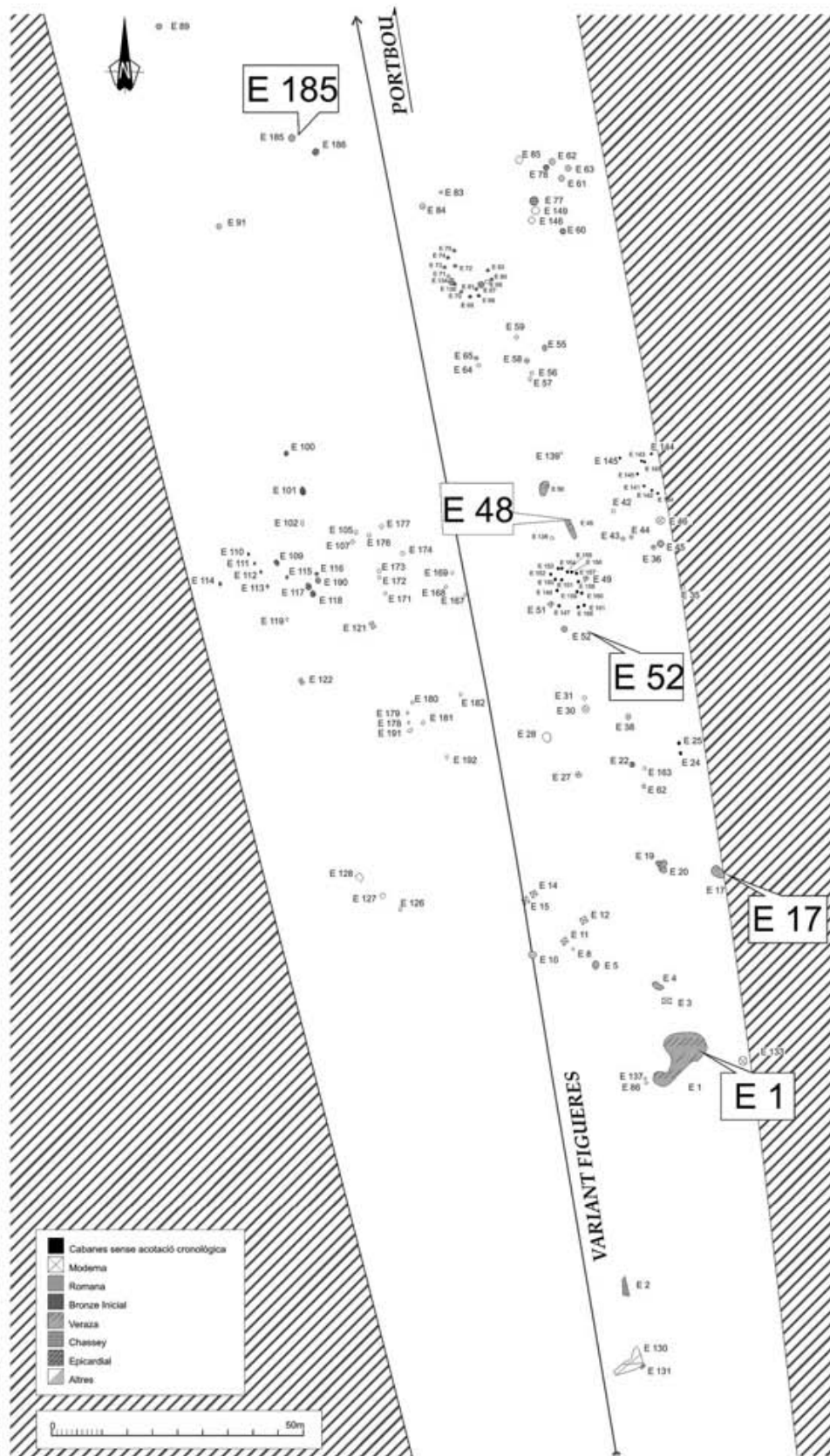
En la presente tesis doctoral se presenta la revisión de los estudios arqueozoológicos de los niveles neolíticos realizados por Blasco et al. (2001) y Saña et al. (2015) (NR = 5870) para la obtención de muestras de restos de fauna potencialmente analizables mediante los análisis biomoleculares. La elección y descripción de las muestras analizadas se presenta más adelante (apartado 2.2.5).

### **2.2.1.6. Serra de Mas Bonet (Vilafant, Girona)**

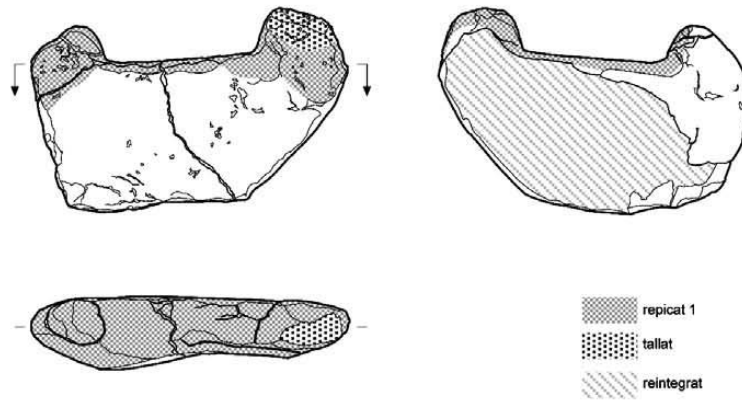
Serra de Mas Bonet es un asentamiento situado en Vilafant (Girona), a 75 msnm. Las excavaciones arqueológicas se llevaron a cabo por la empresa arqueológica Arqueolític Terra-Sub SL en 2008 durante unas obras relacionadas con la construcción de infraestructuras ferroviarias. La dirección técnica de los trabajos arqueológicos se ha llevado a cabo por Rafel Rosillo y Antoni Palomo. Las excavaciones permitieron documentar 112 estructuras, de las cuales, la mayor parte son hogares, agujeros de palo, fondos de cabaña y fosas de función indeterminada, dispuestas en una estratigrafía horizontal (Figura 2.11) (Rosillo y García, 2009).

El yacimiento presenta unas dataciones entre 4900-4600 cal BC (Rosillo et al., 2010). Así pues, la secuencia temporal que se documenta abarca Neolítico Inicial epicardial, Neolítico Medio pleno y Neolítico Final-Veraza, si bien diversas de las estructuras arqueológicas excavadas se sitúan también cronológicamente en la Edad del Bronce Inicial. La disposición espacial de las estructuras sobre el terreno es aleatoria y no permite identificar una distribución organizada en base a su cronología.

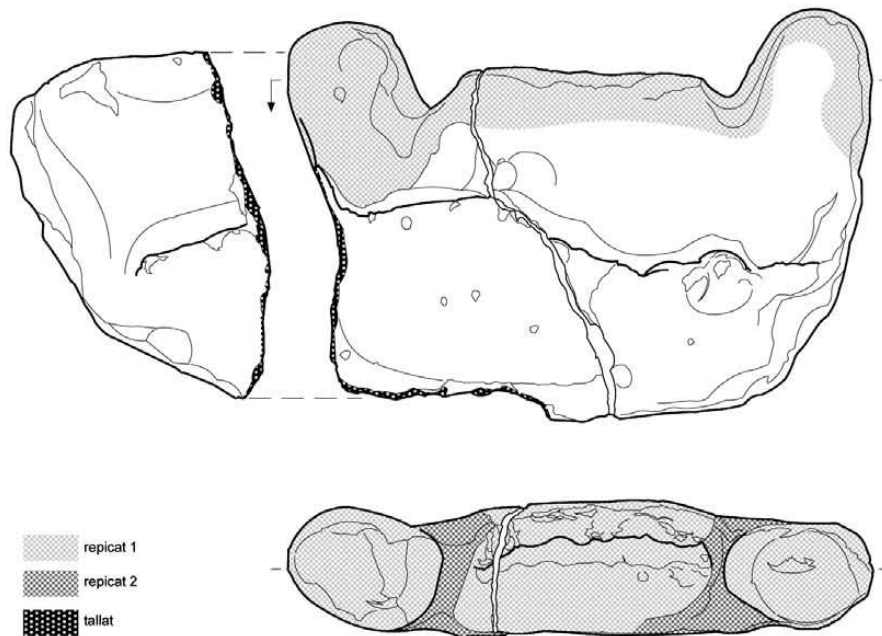
La ocupación más antigua corresponde al Neolítico Inicial (4900-4600 cal. ANE), se caracteriza por la presencia de 4 fosas de tamaño medio y pequeño con contenido cerámico. En esta etapa no se tiene constancia de agujeros de poste. El segundo momento de ocupación corresponde al Neolítico Medio empordanés (4100-3400 cal. ANE). Se han documentado 8 estructuras: 6 silos y dos agujeros de poste. Los agujeros de palo documentados permiten hipotetizar sobre la posible existencia de cabañas en este espacio temporal. El Neolítico Final-Veraza (3400-2700 cal. ANE) es la fase más importante documentada en el yacimiento. Se han documentado 15 estructuras situadas por todo el yacimiento. Entre las estructuras documentadas destaca un fondo de cabaña y diversas subestructuras (cubetas de combustión, fosas, agujeros de palo). Las estructuras restantes corresponden a cubetas, silos, hogares, una fosa grande y un fondo de cabaña. Uno de los hallazgos más importantes es un menhir y 6 estelas de la misma morfología, construidas de gres y con y tendencia trapezoidal, representando bucráneos de bóvidos (Figura 2.12). Finalmente, el período cronológico correspondiente a la Edad del Bronce Inicial (2200-1500 cal. ANE) se caracteriza por la presencia de 7 estructuras: dos fosas tipo cubeta, una fosa indeterminada, una cubeta de combustión y 18 agujeros de poste. La asociación espacial de agujeros de poste ha permitido identificar dos cabañas, una situada al norte y de tendencia rectangular, y otra situada al centro-oeste y también rectangular (Rosillo et al., 2010).



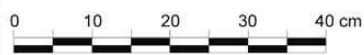
**Figura 2.12.** Planta y distribución de las estructuras del yacimiento de Serra de Mas Bonet (Rosillo et al., 2015).



SMB'08-52-1-22



SMB'08-17-5-958



**Figura 2.13.** Estelas con forma de bucráneo pertenecientes a las estructuras E-17 y E-52 del yacimiento de Serra de Mas Bonet (Rosillo et al., 2015)

La ganadería fue la actividad económica principal, caracterizada por ser mixta con la explotación de los cuatro principales taxones domésticos (cerdo, buey, oveja y cabra). A nivel de producción ganadera se trataba de una estrategia que contemplaba la polivalencia productiva de los diferentes rebaños de animales domésticos. La actividad de caza fue practicada de forma esporádica e iba dirigida a la obtención de jabalí, ciervo, conejo y zorro (Saña, inédito). Las prácticas agrícolas no han quedado representadas, probablemente debido a las malas condiciones de muestreo o conservación de los restos orgánicos en el sitio (Antolín, 2016).

En la presente tesis doctoral se presenta la revisión de los estudios arqueozoológicos de los niveles neolíticos realizados por Saña (2015) (NR = 4758) para la obtención de muestras de restos de fauna potencialmente analizables mediante los análisis biomoleculares. La elección y descripción de las muestras analizadas se presenta más adelante (apartado 2.2.5).

#### **2.2.1.7. Plansallosa (Tortellà, Girona)**

El yacimiento de Plansallosa se sitúa al lado de la carretera local entre Montagut y Sademes a 250 msnm, en el área del Prepirineu Oriental. Plansallosa se descubrió en el año 1981, y la primera fase de los trabajos arqueológicos se desarrolló entre los años 1987 y 1990, con un área de intervención que no superó los 50m<sup>2</sup>. Estos trabajos arqueológicos fueron avalados por el Servei d'Arqueologia del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya. A partir del año 1991 se inició una segunda fase de excavación con continuidad hasta el año 1995 en la que se amplió la superficie excavada a 100 m<sup>2</sup>, además de llevarse a cabo prospecciones sistemáticas en el llano de Plansallosa. Estas actuaciones arqueológicas se enmarcan en el proyecto "*Ocupació humana i territori a la vall del Llerca: cap a un model d'implantació de les primeres societats agrosilvopastorals al nord-est de Catalunya*" avalado por el Museu Comarcal de la Garrotxa y con el financiamiento del Servei d'Arqueologia del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

El resultado de las prospecciones arqueológicas (1991-1995) permitió constatar una superficie de 2000 m<sup>2</sup> de nivel arqueológico. Se documentó la presencia de estructuras concentradas en 3 núcleos. Finalmente, el año 1995 se realizó la última excavación con una superficie de 28 m<sup>2</sup> (Alcalde et al., 1991; Bosch et al., 1999) (Figura 2.13).

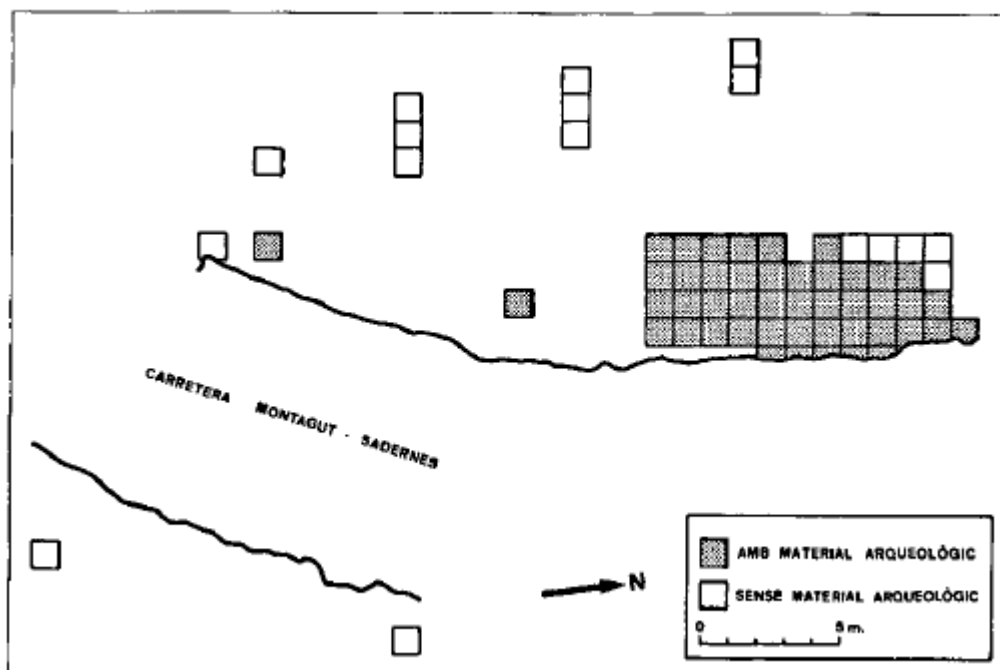


Figura 2.14. Planta del área excavada en el yacimiento de Plansallosa (Alcalde et al., 1991)

La estratigrafía general del yacimiento corresponde a dos fases de ocupación del Neolítico Inicial: Plansallosa I y Plansallosa II. Plansallosa I (5230-4910 cal ANE) es la ocupación más antigua y la que presenta la organización más compleja. El espacio está organizado en función de una construcción unicelular, de planta circular, alrededor de la cual aparece un conjunto de estructuras domésticas formadas por dos fosas perimetrales de grandes dimensiones, tres fosas de pequeñas dimensiones, dos estructuras de sostenimiento y dos hogares. El elemento más característico es el que queda configurado por cuatro estructuras de sostenimiento que delimitan una línea y un ángulo, formando posiblemente parte de una estructura rectangular sostenida con troncos dispuestos verticalmente. En relación a ésta se encontraría la fosa perimetral norte, que conocería una segunda fase de utilización durante este período en el transcurso del cual se habría colmatado completamente. También se documentó una estructura de forma elíptica constituida por una superficie empedrada. Al sur de esta estructura elíptica se encuentra un hogar y al noroeste una estructura interpretada como un taller de elaboración de herramientas pulimentadas. El nivel de Plansallosa II (4900-4580 cal ANE) se ha documentado como la base del poblado durante la fase de Plansallosa I. El espacio está organizado por diversas estructuras: una construcción en forma elíptica con una superficie construida en piedra, una estructura de taller destinada a la fabricación de hachas, una estructura de combustión, cuatro estructuras de sostenimiento y una fosa perimetral de grandes dimensiones (Alcalde et al., 1991; Bosch et al., 1999).



Entre los materiales recuperados, las formas se caracterizan por pertenecer al horizonte cerámico epicardial. En el nivel de Plansallosa I se recuperan, principalmente, formas cerámicas como vasos cilíndricos, subesféricos, hemisféricos decorados con cordones lisos y motivos cardiales. Por el contrario, en el nivel de Plansallosa 2 se documentan vasos cilíndricos con decoraciones plásticas y se abandona completamente las decoraciones cardiales. La industria lítica se caracteriza por la producción de lascas de materia local y pocos productos alóctonos. Destaca la presencia de geométricos, taladros y láminas (Alcalde et al., 1991).

Las actividades de subsistencia están caracterizadas por el cultivo de trigo y cebada, y de leguminosas como la lenteja. También se documenta la recolección de bellotas. La estrategia de explotación animal está caracterizada por la práctica de una ganadería complementaria de bóvidos, ovicápridos y suidos, y una actividad de caza dirigida principalmente sobre ciervo, jabalí, corzo y rebeco (Alcalde et al., 1991).

En la presente tesis doctoral se presenta la revisión de los resultados de los estudios arqueozoológicos realizados por Saña et al., (1991) con el objetivo de contextualizar y analizar la variabilidad en la representación de las frecuencias relativas de las especies domésticas y salvajes de los conjuntos de restos de fauna y características arqueotafonómicas de la muestra.

#### **2.2.1.8. Cova del Vidre (Roquetes, Tarragona)**

La cova del Vidre es un yacimiento arqueológico situado en el macizo de los Puertos de Beseit, dentro del término municipal de Roquetes, en la comarca del Baix Ebre. La cueva está abierta al sur y a 1120 msnm. Se trata de una cavidad principal con forma de pirámide triangular caída, el vértice superior de la cual es el fondo de la cueva y, la base, la boca. Mide 43 metros de largo, por 30 de ancho y 14 de altura, tiene una gran apertura orientada al este, acentuada por la caída de bloques de roca de la visera (Figura 2.14). Las excavaciones en el yacimiento de cova del Vidre se iniciaron en 1945, continuaron en 1954 y finalmente se llevaron a cabo sucesivas campañas de excavación sistemática entre los años 1957 y 1960 avaladas por Servei d'Arqueologia del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya. En el año 1992 se reiniciaron las excavaciones arqueológicas dirigidas por J. Bosch y avaladas por la Universidad de Barcelona y el Museu Nacional d'Arqueologia de Catalunya (Bosch, 1993, 2016).



**Figura 2.15.** Cova del Vidre (Roquetes, Tarragona)

A partir de los resultados de las excavaciones arqueológicas, se distinguen cuatro niveles arqueológicos. Tres de ellos corresponden a diferentes etapas del Epipaleolítico (11026-10446 cal ANE) y uno a la ocupación del Neolítico Inicial. Las tres etapas que se pueden diferenciar entre las ocupaciones epipaleolíticas muestran un contraste entre ellas. En la primera fase, se documenta un clima frío, y entre los restos materiales se documentan el instrumental técnico estaba representado por industria lítica. Durante la segunda, el clima fue más templado, entre los restos materiales se documentan útiles tallados sobre sílex, industria sobre hueso y objetos ornamentales. Durante la tercera etapa, el clima fue frío, y el instrumental lítico está representado solo por la industria tallada sobre sílex. En esta etapa se documenta los restos de un hogar. Los datos indican un uso diferencial de la cavidad a lo largo del tiempo. Durante la fase 1 y 3 las ocupaciones habrían sido estacionales, dedicadas a la caza y a actividades derivadas. Durante la segunda fase, de clima más templado, la ocupación habría sido más continuada y el aprovechamiento del entorno más generalizado (Bosch, 1993; Nadal et al., en prensa).

El nivel atribuido al Neolítico Inicial (5326-4851 cal ANE) se caracteriza por la estructuración del espacio alrededor de una estructura de combustión (Bosch, 1993). En este nivel se documenta la presencia de cerámicas impresas cardiales y no cardiales con decoraciones de cordones, industria lítica laminar, con piezas geométricas, industria ósea y elementos ornamentales.

En lo que respecta a la estrategia de gestión y explotación animal practicada, durante las fases epipaleolíticas estaba orientada a la obtención de especies animales concretas, como la cabra salvaje. Destacan los restos de pequeños carnívoros (p ej. zorro, tejón, mustela) explotados por su piel y materias duras y la presencia abundante de restos de lagomorfos. Por su parte, en la fase neolítica se documenta una estrategia de gestión y unas prácticas de explotación animal centradas en la ganadería con explotaciones polivalentes. Entre las especies domesticas documentadas son los ovicaprinos la especie más representada. Entre las especies salvajes cazadas durante el epipaleolítico se documentan ciervos y corzos, además de la cabra salvaje (Saña et al., en prensa).

En la presente tesis doctoral se presenta la revisión de los resultados de los estudios arqueozoológicos realizados por Nadal et al., (en prensa) y Saña y Tornero (inédito) con el objetivo de contextualizar y analizar la variabilidad en la representación de las frecuencias relativas de las especies domésticas y salvajes de los conjuntos de restos de fauna y características arqueotafonómicas de la muestra.

### **2.2.2. Yacimientos situados en el sur de los Pirineos**

Con el objetivo de caracterizar las prácticas ganaderas durante el Neolítico Inicial en zonas de alta montaña de la ladera sur de los Pirineos se ha incorporado a este trabajo el estudio arqueozoológico de los yacimientos de cova del Sardo (Navarrete y Saña, 2015) y Coro Trasito (Viñerta, 2015), los cuales se presentan a continuación. Para la contextualización de este estudio se han utilizado los datos procedentes de los análisis arqueozoológicos de yacimientos situados a más de 900 msnm, con un marco espacial comprendido en los Pirineos centrales: cueva dels Trocs (Rojo et al., 2013) y la cueva de la Espluga de la Puyascada (Castaños, 1984), Zatoya (Mariezkurrena y Altuna, 1989); en zonas montañosas del noreste peninsular: cova del Frare (cordillera precostera, Navarrete y Saña, inédito) y cova del Vidre (cordillera costera, Saña et al., en prensa). Y yacimientos situados en altitudes inferiores a los 900 msnm como: La Draga (Saña, 2011; Navarrete y Saña, 2013; Antolín et al., 2014), cova de Can Sadurní (Saña et al., 2015), Caserna de Sant Pau (Colominas et al., 2008), Reina Amàlia (Navarrete y Saña, inédito), Serra de Mas Bonet (Saña, 2011) y cova Fosca (Llorente, 2015) (Figura 2.15 y Tabla 2.3).

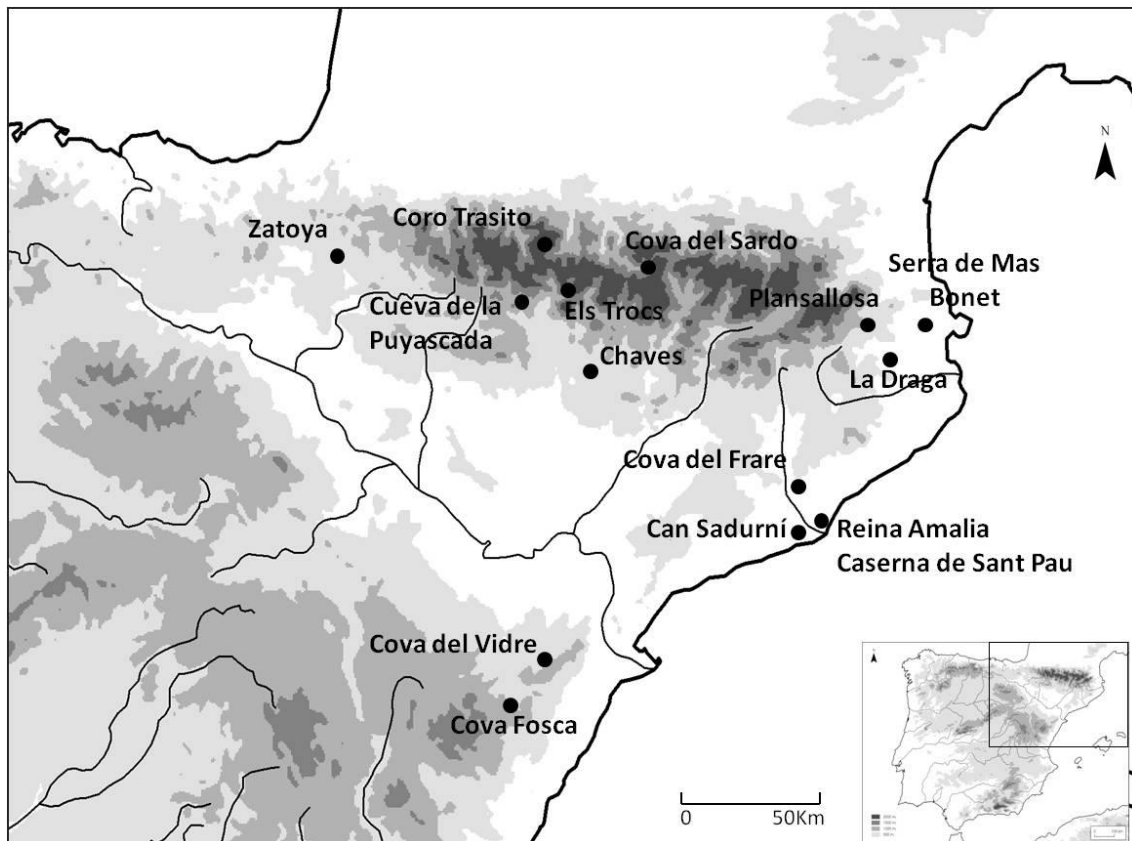


Figura 2.16. Localización de los yacimientos de estudio.

#### 2.2.2.1. Cova del Sardo (Boí, Lleida)

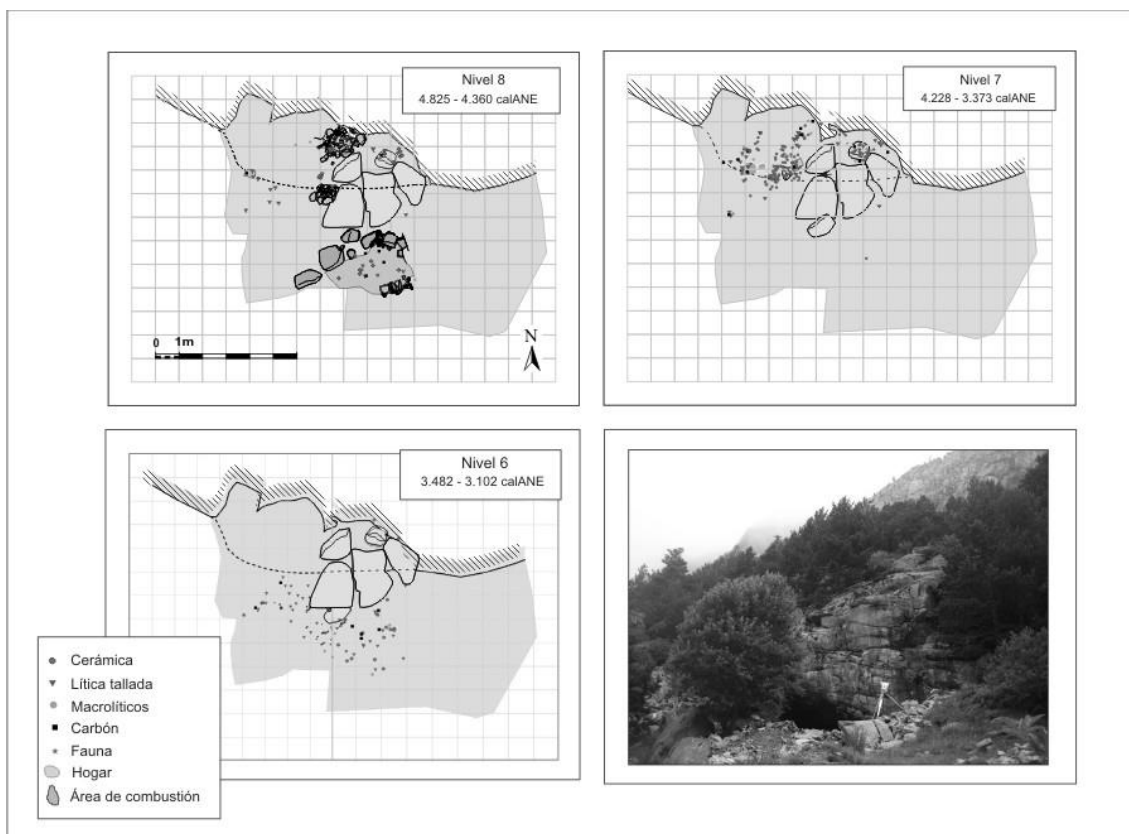
La Cueva del Sardo de Boí (Boí, Lleida) es un pequeño abrigo localizado dentro del Parque Nacional de Aigüestortes y Estany de Sant Maurici, en el valle de Sant Nicolau. Se sitúa por encima de los 1700 msnm y está bordeado por cimas y crestas situadas entre los 2700 y los 3000 msnm. Los trabajos de excavación arqueológica fueron desarrollados entre 2006 y 2008 en el marco del proyecto de investigación *“La vida prehistòrica a l’alta muntanya del Pallars Sobirà: de la cacera a la transhumància (9.000-50 cal ANE)”* financiado por el Departament de Cultura de la Generalitat Catalana y dirigido por el Dr. Ermengol Gassiot.

La excavación de cova del Sardo, ha identificado siete fases sucesivas de ocupación en la cueva, cinco de ellas cubren la totalidad del Neolítico. En cuanto a las fases neolíticas, corresponden, por orden estratigráfico, al nivel 5, fechado en 2900-2500 cal ANE; el nivel 6, 3300-3100 cal ANE; el nivel 7, 3900-3500 cal ANE; el nivel 8, 4800-4400 cal ANE; y el nivel 9, 5600-5400 cal ANE. Todas las ocupaciones se caracterizan por la estructuración del espacio de habitación y la actividad en torno a los hogares (Figura 2.16). Su configuración y articulación espacial concreta, así como las características tipológica y funcional de los hogares varía a lo

largo del tiempo (Gassiot et al., 2010). En cada fase, los hogares actuaban como el centro productivo de la actividad, considerando los resultados del análisis de trazas de uso en herramientas líticas (Mazzucco et al., 2014).

Yacimiento	Localización	msnm	Nivel	<sup>14</sup> C yr cal ANE (2σ)	Bibliografía
Cova Fosca	Castellón	900	-	4730-4780	Llorente, 2015
Caserna de Sant Pau	Barcelona	4	-	5305-5210	Colominas et al., 2008
Coro Trasito	Huesca	1548	I	5300-5000	Viñerta, 2015
			II	4990-4885	Viñerta, 2015
Can Sadurni	Barcelona	420	I	5465-5310	Saña et al., 2015
			II	5000-4600	Saña et al., 2015
			III	4600-4200	Saña et al., 2015
Cueva de Chaves	Huesca	663	Ib	5555-5310	Castaños, 2004
Zatoya	Navarra	900	-	5743-4590	Mariezcurrera, Altuna, 1989
Els Trocs	Huesca	1564	I	5315-4840	Rojo et al., 2013
			II	4500-4340	Rojo et al., 2013
			III	3940-2910	Rojo et al., 2013
La Draga	Gerona	172	-	5466-5059	Saña, 2011
Cova del Vidre	Tarragona	1120	-	5295-5020	Saña et al., en prensa
Cova del Frare	Barcelona	960	C6	5221-5000	Navarrete, Saña, inédito
			C5	4954-4363	Navarrete, Saña, inédito
Reina Amalia	Barcelona	25	-	4701-4360	Navarrete, Saña, inédito
Cova del Sardo	Lérida	1790	C8	4800-4400	Navarrete, Saña, 2015
			C7	3900-3500	Navarrete, Saña, 2015
			C6	3300-3100	Navarrete, Saña, 2015
Serra de Mas Bonet	Gerona	75	I	4900-4600	Saña, 2011
			II	4100-3400	Saña, 2011
			III	3400-2700	Saña, 2011
Cueva de la Puyascada	Huesca	1320	-	4465-4345	Castaños, 1984

**Tabla 2.3.** Cronología de los yacimientos de estudio.



**Figura 2.17.** Plantas de los tres niveles neolíticos y la distribución del material arqueológico del yacimiento de cova del Sardo (Gassiot et al., 2010).

Las estrategias de subsistencia están caracterizadas por la ganadería, con la explotación principal de los ovicápridos. El elevado grado de fracturación de los restos y la alta frecuencia de termoalteraciones impiden un análisis exhaustivo de las estrategias ganaderas llevadas a cabo en cova del Sardo (Navarrete y Saña, 2015).

En la presente tesis doctoral se presenta el estudio arqueozoológico de los conjuntos de restos faunísticos procedentes de las excavaciones arqueológicas de cova del Sardo, con un total de 3051 restos faunísticos analizados (Navarrete y Saña, 2015).

#### **2.2.2.2. Coro Trasito (Tella-Sin, Huesca)**

Coro Trasito es una cueva de de 300 m<sup>2</sup> ubicada en Tella-Sin (provincia de Huesca) a 1548 msnm. Los trabajos arqueológicos desarrollados en la cueva se llevan a cabo desde el año 2011 hasta la actualidad dirigidos por el Dr. Ermengol Gassiot e Ignacio Clemente, y avalados por la Universidad Autónoma de Barcelona y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Figura 2.21). Se han realizado varios sondeos y los resultados han proporcionado tres fases neolíticas que datan del 5300-5000 cal ANE, 4990-4885 cal ANE y 4785-4584 cal ANE. Varias de

estas capas se componen de coprolitos termoalterados de ovicápridos (Clemente et al., 2016). Se han documentado agujeros de poste y estructuras negativas, lo cual puede indicar una funcionalidad diversa de la cueva.



**Figura 2.18.** Yacimiento de Coro Trasito (Huesca).

Respecto a las prácticas de gestión de los recursos animales, se ha documentado para los niveles neolíticos la explotación de las cuatro principales especies domésticas (oveja, cabra, cerdo y buey). Entre las especies cazadas domina el ciervo, corzo y el conejo durante toda la ocupación neolítica de la cueva, destacando en las fases más modernas una mayor explotación del jabalí y la cabra montesa (Viñerta, 2015).

En la presente tesis doctoral se presenta la revisión de los resultados de los estudios arqueozoológicos realizados por Viñerta (2015) con el objetivo de contextualizar y analizar la variabilidad en la representación de las frecuencias relativas de las especies domésticas y salvajes de los conjuntos de restos de fauna y características arqueofonómicas de la muestra.

### 2.2.3. Yacimientos correspondientes a otras áreas de la Península ibérica utilizados a nivel contextual

Con el objetivo de reconstituir la gestión de las poblaciones de suidos (*Sus scrofa/Sus domesticus*) en la Península Ibérica durante la Prehistoria reciente se ha realizado un análisis exhaustivo de los datos arqueozoológicos publicados de yacimientos situados en la península. La muestra consta de 52 yacimientos arqueológicos datados entre ca. 10,000 to 800 cal ANE (Figura 2. 17 y Tabla 2.4).

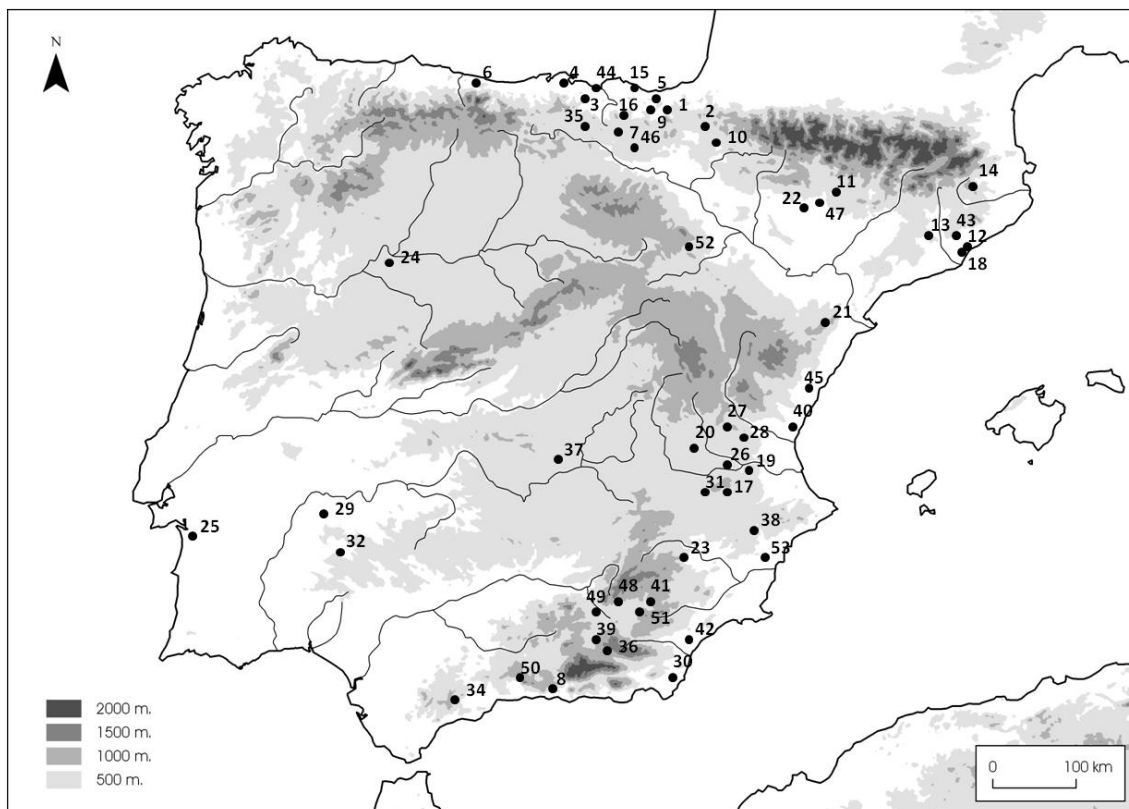


Figura 2.19. Localización de los yacimientos de estudio.

Código	Yacimiento	Localización	<sup>14</sup> C yr BP	<sup>14</sup> C yr cal ANE (2σ)	Bibliografía
1a	Abauntz	Navarra	9530±300	9899-8206	Utrilla, 1980; Sancho, 1995
2	Aizpea	Navarra	7160±70	6211-5966	Castaños, 2001
3	Cubio redondo	Cantabria	6630±50	5631-5481	Castaños, 2001; Ruiz, Fernandez 2006
4	Fragua	Cantabria	6860±60	5850-5640	Gonzalez Morales, 2000; Marin Arroyo, 2004
5a	Marizulo	Guipuzcoa	6425±85	5534-5223	Altuna, 1972, 1980; Alvarez-Fernandez, Altuna 2013
6	Mazaculos II (nivel 3)	Asturias	7030±120	6101-5667	Gonzalez Morales, 1995; Marin, Morales 2009
7a	Mendandia (nivel IV-III inferior)	Navarra	7210±80	6239-5973	Castaños, 2005
8a	Nerja	Malaga	7240±80	6256-6336	Boessneck, Driesch 1980; Jorda, Aura 2008
9	Urtiaga	Guipuzkoa	8700±170	8259-7490	Altuna, 1972
10	Zatoya (nivel Ib)	Navarra	8260±550	8751-6066	Barandiaran, 1982; Mariezkurrena, Altuna, 1989
7b	Mendandia (nivell III superior)	Navarra	6460±40	5486-5337	Castaños, 2005

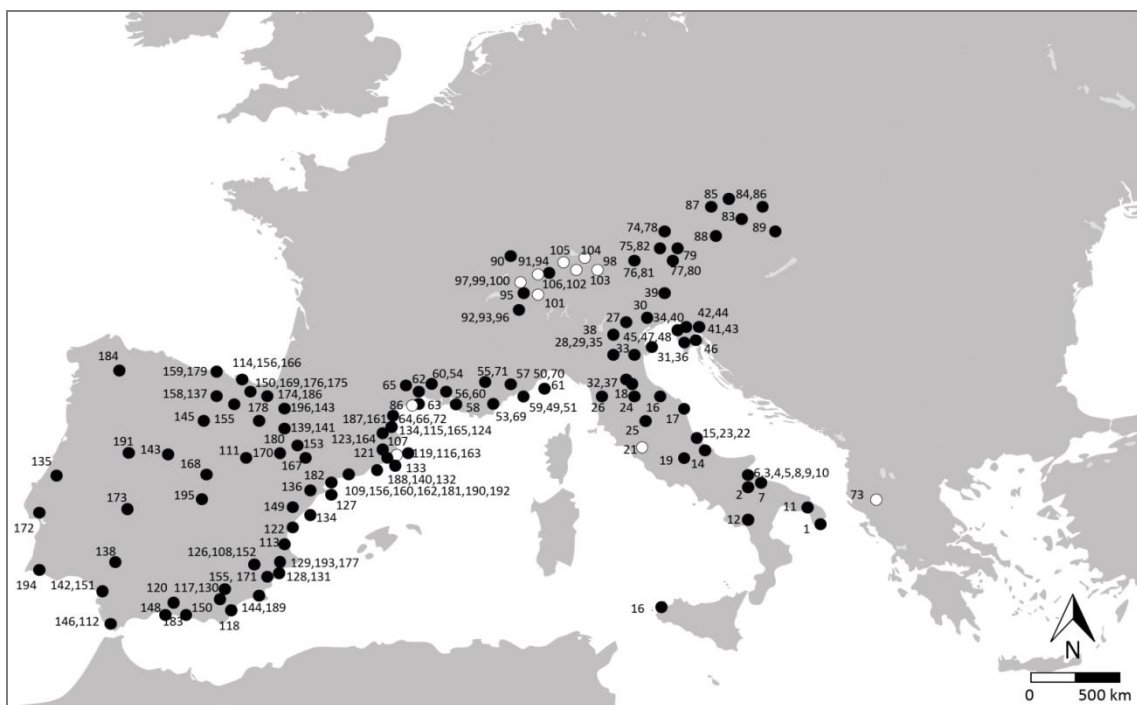


11	Espluga de la Puyascada	Huesca	4560±80	3521-3020	Castaños, 1984
12	Reina Amalia	Barcelona	5670±40	4611-4443	Navarrete, np
13	Cova del Frare	Barcelona	5800±130	4950-4363	Navarrete, Saña, np
14	La Draga	Girona	6010±70	5070-4721	Saña, 2000, 2011
15	Herriko Barra	Guipuzkoa	5960±95	5077-4593	Mariezcurrera, Altuna, 1995
16	La Renke	Alava	5180±100	4629	Ortiz, 1989; Altuna et al. 2001
5b	Marizulo	Guipuzcoa	5285±65	5215-4717	Altuna, 1972, 1980
17	Benàmer	Alicante	6250±50	5321-5192	Tormo, 2011
18	Caserna St Pau	Barcelona	6290±50	5372-5205	Colominas et al. 2008
8b	Nerja	Malaga	6330±40	5380-5217	Boessneck, Driesch, 1980
19	Cova de l'Or	Alicante	6265±75	5381-5021	Perez, 1980
20	Sarsa	Valencia	6506±32	5533-5461	Boessneck, Driesch, 1980
21	Bruixes	Castello	6460±140	5658-5205	Sarrión, 2005
22	Chaves	Huesca	6770±70	5555-5310	Castaños, 2004
23	Cueva del Nacimiento	Jaén	5490±120	4586-4005	Asquerino, Lopez, 1981
1b	Abauntz	Navarra	6910±120	6018-5621	Utrilla, 1982; Sancho, 1995
1c	Abauntz	Navarra	4205±35	2831-2468	Utrilla, 1980; Sancho, 1995
24	Castillejos	Badajoz	3990±40	2620-2450	Ziegler, 1990
25	Zambujal	Lisboa	3995±35	2775-2400	Driesch, Boessneck, 1976
26	Arenal de la Costa	Valencia	3890±80	2575-2140	Martinez, 1993
8c	Nerja	Malaga	3840±140	2677-1896	Boessneck, Driesch 1980
27	Fuente Flores	Valencia	4090±40	2776-2562	Cabanilles et al. 1988, 2005
28	Ereta del Pedregal	Valencia	3930±250	3098-1742	Perez Ripoll, 1990
29	Las Pozas	Zamora	4425±30	3117-2924	Morales, 1992
30	Millares	Almeria	4380±100	3363-2866	Peters, Driesch, 1990
31	Jovades	Alacant	4810±60	3706-3500	Martinez, 1993
32	Valencina de la Concepción	Sevilla	4135±45	2864-2627	Hain, 1982; Nocete-Calvo et al. 2008
33	Sao Pedro	Redondo-Portugal	3940±45	2570-2296	Davis & Mataloto, 2012
34	Acinipo	Malaga	2770±90	1160-790	Riquelme, 1990; Carrilero, 1992
35	Berbeia	Alava	760±80	1120-1327	Altuna 1978, 1980
36	Cuesta del Negro	Granada	3180±50	1561-1376	Driesch, 1976
37	Azuer	Ciudad Real	3541±30	1956-1766	Driesch, Boessneck, 1980; Nájera et al. 2010
38	Cabezo Redondo	Alicante	3550±55	1890-1540	Boessneck, Driesch 1972; Hernandez Perez 2009
39	Cerro de la Encina	Granada	3590±40	2039-1874	Friesch, 1987
40	Lloma de Betxí	Valencia	3565±65	2050-1741	Sarrión, 1994
41	Castellon Alto	Granada	3630±50	2141-1882	Milz, 1986
42	Fuente Alamo	Almeria	3635±50	2141-1885	Driesch, Boessneck, Kokabi, Schalfer, 1985
43	Can Roqueta	Barcelona	3590±85	2151-1737	Piña, Saña 2004
44	Arenaza	Bizkaia	3805±70	2446-2116	Altuna, 1980, 2008
45	Pic dels Corbs	Valencia	3010±70	1427-1012	Barrachine et al. 2008
46	Los Husos	Alava	3920±100	2680-2132	Altuna, 1980
47	Cueva del Moro	Huesca	3530±70	1480-1580	Castaños, 1991
48	Loma de la Balunca	Granada	3490±50	1939-1689	Milz, 1986
49	Terrera del Reloj	Granada	3440±50	1859-1772	Milz, 1986, Mederos 1995
50	Cerro de la Tortuga	Malaga	-	-	Boessneck, Driesch 1973
51	Cerro del Real	Granada	-	1000-850	Boessneck, Driesch 1972
52	Los Palacios	Guadalajara	-	1960-1622	Driesch, Boessneck, 1980
53	Tabayà	Alicante	3557±26	2010-1777	Rizo, 2009; Hernandez et al. 2010

**Tabla 2.4.** Cronología de los yacimientos de estudio.

## 2.2.4. Yacimientos correspondientes a otras áreas europeas utilizados a nivel contextual

Con el objetivo de conocer las estrategias de gestión de los recursos animales y la representación de las especies según las características de los yacimientos, se ha evaluado, para el intervalo temporal de ca. 5400 y 1800 cal ANE, 100 yacimientos correspondientes al Neolítico Inicial y 96 yacimientos al Neolítico medio y final. De estos yacimientos, 180 pertenecen a yacimientos terrestres y 16 a yacimientos lacustres. La zona de estudio abarca la zona mediterránea (Península Ibérica, Francia, Italia y Grecia) y la zona de Europa central (Suiza y Austria) (Figura 2.18).



**Figura 2.20.** Localización de los yacimientos estudiados. En negro los yacimientos terrestres, en blanco los yacimientos lacustres. Listado de yacimientos representados:

1	Torre Sabea	66	Dourgne C5	131	Cova de Sant Martí
2	Rendina	67	Motte aux Magnins	132	Cova del Bolet
3	Santa Tecchia	68	Chalain (station 3)	133	Cova del Frare
4	Masseria Valente	69	Beaume St Michel	134	Cova del Petrolí
5	Masseria Candelaro	70	Fontbregua	135	Cova do Ladrai
6	Ripa Tetta	71	Ceron	136	Cova Fosca
7	Lagnano	72	Pont de Roque-Haute	137	Cubío Redondo
8	Scaloria	73	Dispilio	138	Cueva Chica de Santiago
9	Fontana Rosa	74	Ansfelden-Burgwiese	139	Cueva de Abauntz
10	Passo di Corvo (a+b)	75	Leonding	140	Cueva de Can Sadurní
11	Scamuso 14-19	76	Mondsee	141	Cueva de Chaves
12	Latronico 3	77	Obergrünburg	142	Cueva de la Dehesilla
13	Grotte de l'Uzzo (10-6)	78	Oelkam	143	Cueva de la Vaquera
14	Gr. Cotinenza N I	79	Paura en Traun barn	144	Cueva del Calor
15	V. Leopardi	80	Sonnbichl	145	Cueva del Mirador
16	Maddalena di Muccia	81	Unterach - Misling II	146	Cueva del Moro

17	Gr. S. Angelo I	82	Weyregg	147	Cueva del Nacimiento
18	Ripabianca di M.	83	Baierdorf	148	Cueva del Toro
19	S. Stefano	84	Falkenstein-Schanzboden	149	Cueva dels Blaus
20	Arene Candide	85	Frauenhofen	150	El Mirón
21	Marmotta	86	Friebritz-Sur	151	El Retamar
22	Gr Piccioni	87	Kamegg	152	Ereta del Pedregal
23	Monte Maulo	88	Melk-Winder	153	Espluga de la Puyascada
24	San Marco	89	Potzneusiedl	154	Fuente de Isso
25	Gr Bella	90	Zwingen	155	Fuente Hoz
26	Neto-Via Negra	91	Birsmatten 2 +1	156	Guixeres de Vilobí
27	Moletta Patone	92	Château d'Oex	157	Herriko Barra
28	Vhò/Campo	93	Freymond 4b	158	Kanpanoste
29	Ostiano	94	Liesbergmühle 6	159	Kobaederra
30	La Vela	95	Schötz 7	160	La Balma de la Font Voltada
31	Molino Casarotto	96	Petit-Chasseur I	161	La Balma de Guilanyà
32	Razza	97	Grandson	162	La Balma de la Griera
33	Casatico	98	Arbon Bleiche 3	163	La Balma del Gai
34	Cornuda	99	Châble-Perron I-II	164	La Cova del Parco
35	Rivarolo	100	Yvonand III	165	La Dou
36	Rivoli	101	Portalban/Les Grèves	166	La Fragua
37	Belforte	102	Schützenmatt	167	La Lampara
38	Monto Covolo	103	Zürick/Kleiner Hafner	168	La Loma del Lomo
39	Fingerholf	104	Egolzwil 3	169	La Renke
40	Isera	105	Auvernier NF	170	La Revilla
41	Pertusello	106	Twann	171	Lagrimal
42	Stefanin	107	La Draga	172	Lapa do Picareiro
43	Pian del Ciliego	108	abric de la Falguera	173	Los Barruecos
44	Azzurra	109	Abric de Sant Gregori	174	Los Husos
45	Edera	110	Abric del Filador	175	Los Gitanos
46	Zingari	111	Abrigo de la Peña	176	Los Cascajos
47	Miltreo	112	Aizpea	177	Malladetes
48	Piancada	113	Alqueria de Sant Andreu	178	Marizulo
49	Pupicina	114	Arenaza	179	Mazaculos II
50	Bannia	115	Bauma del serrat del Pont	180	Mendandia
51	Palú di Livenza	116	Bobila Madurell	181	Minas de Can Tintorer
52	Fontbregoua (39-45)	117	Bolumini	182	Molí de Salt
53	Fontbregoua (46-48)	118	Cabezo del Plomo	183	Nerja
54	Combe Obscure (C6)	119	Caserna de Sant Pau	184	Pala da Vella
55	Saint Mitre C3	120	Castillejos de las Peñas de los Gitanos	185	Parralejo
56	Fraischamp II C3	121	Cingle Vermell	186	Peña Larga
57	Gr Lombard	122	Cocina	187	Plansallosa
58	Châteauneuf/M	123	Collet de Puiggros	188	Pou Nou 3
59	Pendimoun	124	Cova 120	189	Santa Maira
60	Frigouras	125	Cova de la Guineu	190	Santa Maria dels Horts
61	Gr de l'Aigle	126	Cova de la Sarsa	191	Teso del Moral
62	St-Pierre de la Fage	127	Cova de les Bruixes	192	Timba del Barenys
63	Camprafaud 15-14	128	Cova de les Cendres	193	Tossal de la Roca
64	Jean-Cros 2a-b	129	Cova de l'Or	194	Vale Boi
65	Gazel I	130	Cova de Mas Gelat	195	Velderpino
				196	Zatoya

## 2.2.5. Características cuantitativas de la muestra estudiada

En la presente tesis doctoral se ha realizado el estudio arqueozoológico de los yacimientos neolíticos de La Draga (sector D y A), cova del Frare (capas C5 y C6), Reina Amàlia y cova del Sardo. En total se ha analizado 15807 restos de fauna. Del mismo modo se ha procedido a la revisión de los estudios arqueozoológicos de los yacimientos de Caserna de Sant Pau, Serra de

Mas Bonet y Can Sadurní (niveles 10, 11, 17 y 18) con el objetivo de seleccionar muestras potencialmente analizables para la realización de los análisis biomoleculares. En total, se han revisado 13032 restos de fauna de los contextos arqueológicos neolíticos. De forma indirecta, se ha trabajado con los datos arqueozoológicos de los yacimientos de Plansallosa, Cova del Vidre y Coro Trásito. Se ha contextualizado la muestra analizada, a nivel peninsular, con los resultados de 52 conjuntos de restos de fauna de yacimientos prehistóricos, así como con los resultados de 196 yacimientos del Mediterráneo Occidental.

Los análisis biomoleculares se han realizado sobre un total de 196 restos de fauna de los yacimientos arqueológicos de La Draga, Reina Amàlia, Caserna de Sant Pau, Serra de Mas Bonet, cova del Frare y Can Sadurní. Se ha analizado un total de 19 muestras para los análisis de isótopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$  en bioapatita dental, y 177 muestras para los análisis de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  en colágeno óseo (tabla 2.5).

Yacimiento	Localización	Nivel	$^{14}\text{C}$ yr cal ANE ( $2\sigma$ )	NR MUESTRAS $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$	NR MUESTRAS $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$
Serra de Mas Bonet	Gerona	-	4900-4600	-	17
La Draga	Gerona	-	5201-4721	19	73
Cova del Frare	Barcelona	C5-C6	5216-4993	-	29
Reina Amàlia	Barcelona	I-II-III	4611-4373	-	25
Caserna de Sant Pau	Barcelona	-	5372-5076	-	19
Can Sadurní	Barcelona	10b/11	4456-4335	-	14

**Tabla 2.5.** Número (NR) de muestras analizadas en los yacimientos estudiados.



## **2.3. Método**

El presente trabajo integra diversos procedimientos metodológicos empleados en el análisis de los restos de fauna. Se presenta una metodología que contempla los procesos analíticos desarrollados en el marco de la disciplina arqueológica, arqueotafonómica, arqueozoológica y biomolecular. Cabe señalar que en los diversos artículos científicos que conforman la presente investigación se explica de manera concreta y detallada los métodos y técnicas implementados en la aproximación a las respectivas problemáticas. No obstante, se ha considerado relevante presentar a continuación una síntesis de los diferentes procedimientos y criterios seguidos para cada uno de estos métodos y técnicas, enfatizando de esta manera la perspectiva integradora que se defiende en la propuesta metodológica de este trabajo.

### **2.3.1. Representatividad de los conjuntos de restos de fauna y tafonomía: necesidad de estudios arqueotafonómicos. Aspectos cualitativos y cuantitativos.**

El estudio de la representatividad de los restos arqueológicos es un factor clave para inferir en la dinámica social y económica de las primeras sociedades agro-pastoriles. La integración del análisis arqueotafonómico en arqueozoolología permitirá evaluar el grado relativo de preservación de los diversos conjuntos de fauna analizados y la posibilidad de realizar análisis comparativos. La evaluación del impacto que los diferentes procesos tafonómicos han tenido en el asentamiento permite verificar hasta qué punto se ha visto afectada la representatividad de la dinámica social. El análisis de los restos de fauna, considerados como el producto de los procesos de trabajo, distribución y consumo, permitirá obtener información sobre las estrategias de gestión y explotación de los recursos animales. La información que podemos obtener de los restos de fauna, integrados con la información que nos proporciona el registro arqueológico, nos permite incidir en la organización social de las estrategias económicas desarrolladas durante el Neolítico en el Noreste Peninsular.

El análisis tafonómico de los restos de fauna se basa en la identificación y cuantificación de las alteraciones naturales que presentan las superficies óseas, las pautas de fracturación del material y modificación espacial.

#### **2.3.1.1. Factores y agentes que intervienen en la formación y modificación de los conjuntos de restos de fauna**

Uno de los aspectos más importantes a considerar es la naturaleza del conjunto de restos de fauna estudiado. Se parte de la idea de que el conjunto es el resultado de la actividad humana aunque es necesario evaluar las modificaciones potenciales que el conjunto ha podido

experimentar para conocer en qué grado la actividad social ha quedado representada. Los conjuntos de restos faunísticos que analizamos son cuantitativamente más reducidos y cualitativamente diferentes a los conjuntos originales de partida (Saña, 1999). Se han establecido toda una serie de fases, de número variable según las diversas sistematizaciones publicadas al respecto, por las que pasan los restos de fauna: el conjunto vivo, el conjunto muerto, el conjunto depositado en el yacimiento, el conjunto preservado en el yacimiento y el conjunto recuperado durante la excavación arqueológica (Klein y Cruz-Urbe, 1984; Lyman, 1987, 1994; Yravedra, 2006). Después del descarte y deposición en la superficie terrestre de los restos de fauna, varios procesos pueden condicionar su conservación o destrucción. Los efectos tafonómicos pueden caracterizarse macroscópicamente a partir del análisis de las superficies óseas, patrones de fractura y de su distribución espacial en el yacimiento.

#### **2.3.1.1.1. Agentes naturales responsables de la alteración de los restos de fauna**

La actuación de diferentes fenómenos atmosféricos (agua, aire, sol y viento) durante el descarte y deposición del resto óseo, y en función del tiempo de exposición del resto a la intemperie, puede provocar alteraciones en la superficie cortical del hueso, contribuyendo a su desecación, abrasión o exfoliación (Lyman, 1994). Las alteraciones de la superficie cortical atribuidas potencialmente al agua se evidencian en un cambio de tonalidad o en forma de pulidos y abrasiones provocados por el transporte (Lyman, 1987). La desecación progresiva y la pérdida de humedad provocada por los diferentes fenómenos atmosféricos de los restos es una de las principales causas de fragmentación de los restos (Lyman, 1994; Yravedra, 2006).

Los datos obtenidos a través de la investigación basada en la experimentación tafonómica muestran que existe una correlación directa entre la deposición de los restos y la tasa de cambio post mortem en la materia orgánica (Marean, 1991). La velocidad de sedimentación y la acción de los agentes atmosféricos determinan la dinámica de los procesos de enterramiento. Una vez integrados en la matriz sedimentaria, los restos óseos continúan sometidos a la actuación de agentes físicos, químicos y biológicos, lo cual puede afectar su matriz mineral, el contenido de colágeno y su estructura (histología, porosidad) (Hedges, 2002) produciendo, en algunos casos, fracturas en los mismos (Johnson, 1985). La temperatura, los regímenes de humedad del suelo y la naturaleza y características de la matriz sedimentaria son algunos de los aspectos a considerar (Lyman y Fox, 1989). La acción de los microorganismos (Bell et al., 1996), el tipo de sedimento y el pH, la temperatura y la humedad influyen directamente en la tasa de descomposición de la materia orgánica (Lyman y Fox, 1989; Lyman, 1994). Del mismo modo, las sustancias químicas disueltas en el sedimento pueden provocar la

presencia de superficies oxidadas y concreciones en los restos óseos. Los ácidos de las raíces vegetales en contacto con los huesos pueden provocar marcas en la superficie de los mismos (Lyman, 1994). Las propiedades intrínsecas del hueso y sus componentes también condicionan la descomposición y la tasa de deterioro (Thomas et al., 2012). La conservación del material depende principalmente de que las condiciones químicas permanezcan estables (Welsh y Thomas, 1996).

Además de los agentes atmosféricos, biológicos y químicos, los carnívoros estarían entre los agentes tafonómicos que pueden alterar la distribución de los huesos en los yacimientos arqueológicos por medio del transporte y acumulación secundaria (Binford, 1981). Las fracturas, perforaciones y mordisqueo son los efectos tafonómicos más comunes de la acción de los carnívoros sobre los huesos y conjuntos (Lyman, 1994; Johnson, 1985). Del mismo modo, los roedores son un agente tafonómico que puede modificar los restos óseos a partir del mordisqueo de las partes esqueléticas más densas, dejando surcos paralelos de forma redondeada (Morlan, 1990). Por último, el pisoteo o *'trampling'* puede crear marcas sobre la superficie cortical de los huesos, fracturas y desplazamiento de los restos óseos (Lyman, 1994).

Los diferentes agentes y procesos tafonómicos descritos anteriormente pueden ser acumulativos y difíciles de individualizar. El análisis del grado de alteración tafonómica en función de la naturaleza del conjunto posibilita incidir en la dinámica de formación del depósito en diferentes contextos arqueológicos (Lyman, 1994).

#### **2.3.1.1.2. La densidad ósea como factor tafonómico**

Estudios experimentales han documentado que la pérdida de colágeno óseo contribuye a una reorganización a nivel microestructural, causando cambios en la microporosidad y la cristalinidad del hueso (Lyman, 1982; Klein, 1989; Nielsen- Marsh, 2000). Se han documentado diferencias en la densidad ósea de los elementos esqueléticos, incluso en diferentes partes de un mismo hueso (Ioannidou, 2003). Marean (1991) propuso la clasificación entre elementos con mayor probabilidad de ser preservados (corticales gruesas y compactas) y los que tendrían una menor probabilidad (tejidos esponjosos y porosos). Los elementos más densos serían más resistentes y con una menor probabilidad de ser transportados (Moore y Norman, 2009).

El análisis de la variabilidad de la densidad ósea debe contemplar también el tamaño del animal, siendo los restos de animales más pequeños los más afectados por procesos post-deposicionales (Behrensmeyer et al., 1979). El estudio publicado por Lam et al. (1999) evidencia una correlación negativa entre densidad ósea y tamaño de la especie animal, aunque



se documenta también una variabilidad significativa entre individuos de la misma especie animal. A nivel intra-individual, el sexo y la edad, así como la dieta y las enfermedades que pudo tener el animal en vida son otros parámetros que influyen en la densidad ósea (Lyman, 1982; Stein, 1989; Ioannidou, 2003). Los periodos de gestación y lactancia de las hembras (Horwitz y Smith, 1990) y el estrés nutricional de los animales (Spelth y Spielmann, 1983) pueden afectar asimismo la densidad estructural. Otro factor importante es la edad. Los huesos de los individuos infantiles y juveniles presentan una densidad estructural menor que la de los animales adultos. Estudios experimentales evidencian una destrucción y pérdida diferencial post-deposicional entre los huesos fusionados y no fusionados (Munson y Garniewicz, 2003), siendo los huesos no fusionados los que tendrían de forma relativa una rápida descomposición.

#### **2.3.1.1.3. Fracturación de los restos de fauna**

Las morfologías y dimensiones que presentan las fracturas permiten conocer los tipos de fuerza a la que estuvieron sometidos los huesos una vez depositados (Johnson, 1985; Lyman, 1994). Los tipos de fractura dependen de la relación entre los factores biomecánicos y el estado de preservación del hueso (Johnson, 1985). La fuerza empleada para fracturar un hueso puede ser estática (con presión constante y distribución equitativa de la fuerza) o dinámica, (impacto rápido y localizado) (Johnson 1985; Miotti y Salemm 1988). El reconocimiento de estas fuerzas permite la distinción entre los potenciales agentes que pueden producir la fractura ósea pues la morfología de las fracturas resultante puede ser en los dos casos distinta. Del mismo modo podemos diferenciar entre fracturas en huesos en estado seco y en estado fresco. Cuando una fuerza dinámica o estática se produce en los huesos en estado seco el resultado es una fractura horizontal o, como se describe en Johnson (1985), una “*horizontal tension failure*”. En cambio, cuando ésta fuerza (dinámica o estática) se produce en los huesos en estado fresco el resultado es una fractura helicoidal (Johnson, 1985). Las fracturas producidas por los carnívoros o la compresión del peso del sedimento sobre los restos de fauna serían el resultado de la fuerza estática que estaría caracterizada por la presión constante y distribución equitativa de la fuerza, siendo irregular el tipo de fractura.

#### **2.3.1.1.4. Recuperación y registro de los restos de fauna como variables tafonómicas**

La metodología que se aplica para la recuperación de los restos puede influir también en su grado de representatividad histórica. El método seguido durante la excavación puede condicionar la sobrerrepresentación o ausencia de algunos elementos. Un aspecto esencial del registro contempla la recogida de información sobre el contexto sedimentológico y

geomorfológico, topografía, y localización. La recogida de los restos de fauna no tiene que ser selectiva, es importante procesar de manera exhaustiva el sedimento excavado con el objetivo de recuperar la máxima información posible (Saña, 1999: 33) a partir de métodos de cribado en seco o en agua y métodos de flotación para asegurar la recuperación de restos de tamaño pequeño, especies de talla pequeña, microfauna, avifauna o malacofauna. El índice de recuperación de los restos faunísticos varía de un yacimiento al otro, consecuencia de las características del terreno (p. ej. pH sedimento) y los criterios utilizados en la excavación y recuperación de los restos de fauna.

Uno de los principales problemas relacionados con la representatividad de los conjuntos de restos de fauna hace referencia al tamaño de la muestra recuperada (Saña, 1999). Cabe destacar que la mayoría de conjuntos de restos de fauna analizados corresponden a la excavación de una parte del yacimiento, y no a la totalidad del yacimiento estudiado. El grado de representación del conjunto de fauna debe establecerse a partir de la relación con el área excavada y con el conjunto arqueológico en general (Estévez, 1991), ya que los restos pueden ser el resultado de actividades concretas, no representativas de la totalidad del yacimiento (Saña, 1999: 34).

### **2.3.2. Composición de los conjuntos y grado de representatividad de las especies animales en arqueozoología**

La determinación anatómica y taxonómica de los restos de fauna recuperados en un yacimiento arqueológico es una de las operaciones más importantes en el estudio de los restos de fauna con el objetivo de evaluar la importancia económica de las especies explotadas, e incidir en las diferentes estrategias de gestión y explotación animal. Diferenciar entre la forma doméstica y silvestre en yacimientos del Neolítico Inicial es una de las cuestiones clave para entender el proceso de domesticación animal. Los criterios diagnósticos aplicados corrientemente para evidenciar la presencia de animales domésticos en yacimientos arqueológicos son: presencia de patologías y deformaciones óseas; disminución o aumento de talla; y el cambio en la forma y tamaño del esqueleto craneal y postcraneal.

En las poblaciones domésticas, se ha evidenciado el incremento de patologías óseas, consecuencia directa del incremento de enfermedades relacionadas con el empeoramiento de las condiciones de vida del animal y las nuevas situaciones de estrés para el animal (Chaix y Meniel, 2005). También se han detectado deformaciones óseas, principalmente en la parte articular de las extremidades distales, como consecuencia del uso reiterado del animal en

actividades mecánicas, concretamente de tracción (Bartosiewicz et al., 1997; De Cupere et al., 2000).

Uno de los criterios más aplicados para la distinción de doméstico y salvaje, es el cambio de talla (Rowley-Conwy, 1995; Albarella et al., 2005; 2006; Zeder, 2012; Evin et al., 2015; Vigne, 2015). Es en esta línea que podemos decir que el análisis biométrico presenta ciertas limitaciones para la diferenciación entre la forma silvestre y la doméstica a inicios de la domesticación (Albarella, 2002). En cualquier caso, las medidas tomadas de los restos de fauna requieren de un análisis y tratamiento estadístico para ver el grado de información que contienen y evaluar su significado.

Otro de los criterios utilizados en arqueozoología para evidenciar la presencia de animales domésticos son los cambios morfológicos. En efecto, los cambios morfológicos en cráneo y en los dientes puede ser un factor indicativo de la domesticación. Los cuernos y cornamentas son también una de las partes más modificadas. Un ejemplo de ello es el trabajo desarrollado por Uerpmann (1992), en donde se establece una relación entre el cambio en el tamaño y la forma de los cuernos de *Bos* durante el proceso de domesticación. A partir de la aplicación de las técnicas de GMM (Morfometría Geométrica) se ha podido analizar el tamaño y la forma a partir del estudio geométrico de los huesos, tanto del esqueleto craneal como del postcraneal (Evin et al., 2013, 2014, 2016). Aun así, el análisis comparativo con poblaciones modernas puede resultar negativo, ya que estas poblaciones presentan características difíciles de controlar arqueológicamente. Las diferencias en los ratios de crecimiento o las influencias que el clima puede tener sobre las poblaciones animales, son solo algunas de estas características.

### **2.3.3. Representatividad de la producción animal y arqueozoología**

Uno de los aspectos que se puede evidenciar con el análisis directo de los restos de fauna es el tipo de explotación ganadera practicada. El tipo de explotación ganadera practicada por parte de una determinada comunidad se establece, la mayoría de veces, a partir de la composición de los conjuntos faunísticos por edades y sexos para cada especie animal representada. El hecho de matar intencionalmente al animal implica, en términos económicos, el potencial suministro de carne y de materias duras. Si bien esta modalidad de explotación queda normalmente evidenciada de manera directa en el registro arqueológico, las restantes, que implican el mantenimiento del animal vivo (explotación láctea, energía animal), se infieren de manera indirecta a partir de la interpretación de las curvas de edad y el sexo de los animales representados. A partir de los animales destinados al consumo se obtiene información sobre la gestión de los rebaños destinados a la reproducción o a otras producciones (Saña, 2009: 62).

Se parte en este caso de la hipótesis de que la estrategia de explotación de los recursos animales (caza o ganadería) puede quedar representada en el registro arqueozoológico por diferentes pautas de matanza (Payne, 1973; Helmer, 1992; Helmer y Vigne, 2004; Vigne, 2005; Vigne y Helmer, 2007). La ganadería puede implicar una elección de la edad de matanza de los animales diferente a la de una explotación cinegética, con un porcentaje relativamente más elevado de machos juveniles representados (Reed, 1983; Saña, 1999). Los modelos de referencia que se utilizan para la interpretación de la estructura de la población animal (composición según edades y sexos) se basan la mayoría de veces en observaciones sobre criterios de rentabilidad ganadera actual y no tienen en cuenta las particularidades que la explotación ganadera podría presentar en sus inicios. Payne (1973) propuso el modelo teórico de producción de carne, caracterizado por la matanza de los animales cuando alcanzan su máximo rendimiento, es decir, en el momento óptimo de su aumento de peso. Este rendimiento es diferente en cada especie animal y puede estar determinado por la inversión en alimento, los costes de producción de carne *versus* los daños en los pastos, la matanza de los animales estériles, el ratio de crecimiento del rebaño, así como la previsión y reservas de otros alimentos disponibles (Payne, 1973; Helmer, 1992). Por su parte, el modelo teórico para la producción de leche (Payne, 1973; Helmer, 1992; Helmer y Vigne, 2004; Vigne, 2005; Vigne y Helmer, 2007; Gillis et al. 2014) se caracteriza por la matanza selectiva de animales jóvenes con el objetivo de no poner en peligro la producción de leche (para el caso de ovejas y cabras). En cambio, el modelo teórico propuesto por Payne (1973) no contempla el caso de los bovinos, donde la presencia de la cría es necesaria para estimular la producción de leche (Balasse et al., 2000). El modelo teórico para la producción de lana (Payne, 1973) implicaría una matanza reducida de los animales jóvenes y, por el contrario, una matanza elevada de adultos. En estos últimos la calidad de la lana sería menor. Por último, el modelo teórico para la explotación de energía (Helmer, 1992) se caracteriza por una matanza más elevada de los animales adultos-seniles (p. ej. matanza de individuos de 9 a 11 años en el caso de los bueyes, Helmer, 1992). Las pautas de matanza documentadas para cada especie animal constituyen un indicador de los productos explotados y tipo de ganadería practicada (Payne, 1973; Helmer, 1992; Vigne y Helmer, 2007; Blaise, 2010;).

De manera indirecta, utilizando otras categorías y elementos arqueológicos, puede deducirse a veces también el tipo de explotación animal practicada. En la actualidad, los análisis de residuos contenidos en recipientes cerámicos (Guerra et al, 2011; Rosell et al., en preparación) y los estudios paleogenómicos (Alday et al., 2012; Ottoni et al., 2013; Colominas et al., 2015), constituyen un complemento importante a los métodos arqueozoológicos más tradicionales.

#### **2.3.4. Representatividad de la gestión animal y análisis biomoleculares: integración de los análisis de isótopos estables**

Más allá de la producción animal, y como uno de los objetivos prioritarios de este trabajo, planteamos y aplicamos una nueva vía analítica para el estudio de la gestión animal durante las primeras fases de la domesticación, coincidiendo con los inicios de la ganadería. Esta se basa en el estudio de la composición biomolecular del tejido óseo como vía para acceder a las operaciones y trabajos desarrollados por parte de las comunidades neolíticas en lo relativo al mantenimiento, cría y cuidado de los rebaños de animales doméstico, aportando de esta forma datos e informaciones valiosas para inferir la gestión animal, aspecto clave para el estudio de la economía neolítica.

##### **2.3.4.1. Procesos de trabajo implicados en la actividad ganadera representados mediante la integración de análisis biomoleculares en arqueozoología**

La gestión animal engloba toda una serie de procesos de trabajo que abarcan desde la misma adquisición del animal, hasta su explotación y consumo. En sociedades ganaderas, estos procesos de trabajo son múltiples y se programan en consonancia a las variaciones estacionales y ciclos agrícolas. La mayoría de los mismos se articulan en relación a dos aspectos básicos y estrechamente vinculados, alimentación y reproducción. Se presentan a continuación los principios básicos y criterios que rigen las principales líneas analíticas, incidiendo sobre todo en los aspectos relativos a reproducción, movilidad y alimentación animal. Dado que este último aspecto constituye uno de los puntos centrales de la presente investigación, se desarrolla en el último apartado de manera más exhaustiva.

###### **2.3.4.1.1. Control de la reproducción y del proceso de destete de los animales domésticos**

El estudio del control de la reproducción en los rebaños domésticos permite establecer una vinculación directa con los modos de gestión y explotación de los animales domésticos. La estación de nacimiento es un parámetro clave en las prácticas ganaderas, permitiendo asegurar la reproducción y determinar el ritmo de las actividades de cría, así como el control y disponibilidad de recursos animales.

A la hora de determinar la estación de nacimiento en arqueozoología se han utilizado tradicionalmente modelos teóricos formulados a partir de dinámicas observadas en economías tradicionales. Estos asumen que los nacimientos tendrían lugar mayoritariamente en primavera, entre los meses de febrero y marzo (Blaise, 2010: 32). Debe considerarse que la estacionalidad de nacimiento puede ser variable en función de las prácticas ganaderas y las

condiciones de cría, razón por la cual es importante trabajar con resoluciones temporales elevadas y representativas de los ritmos estacionales que siguen estos procesos.

Sin embargo, las limitaciones que presenta el método arqueozoológico no permiten incidir en este tipo de consideraciones. Es por ello que se propone la integración de los análisis bioquímicos para abordar este tema; en concreto a través del análisis de isotopos estables (Balasse 2002, 2003; Tornero, 2011; Balasse et al., 2012, 2015, 2016). El estudio de la estacionalidad de los nacimientos de los animales domésticos a partir de los análisis de  $\delta^{18}\text{O}$  permite refinar la interpretación de los patrones de matanza, haciendo posible caracterizar las prácticas ganaderas a nivel estacional (Balasse et al., 2002, 2003, 2009, 2012, 2014, 2015, 2016; Balasse y Tresset, 2007; Bryant et al., 1996a, 1996b, 1996c; Henton et al., 2010; Blaise y Balasse, 2011; Tornero et al., 2013).

En segundo lugar, el proceso de destete (reducción del período de amamantamiento de las crías) es una estrategia ganadera que puede tener como objetivo en algunas ocasiones el aprovechamiento de la producción de leche de las hembras adultas (Payne, 1973; Vigne y Helmer, 2007) o la aceleración de los ritmos de reproducción de los rebaños (Clutton-Brock, 1989). A partir del análisis del colágeno óseo y la dentina en restos de bóvidos, la determinación de los valores de los isotopos  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  han permitido caracterizar el momento del proceso de destete. Los niveles de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  obtenidos en los restos correspondientes a las crías están más enriquecidos que no en la madre (la cría se alimenta de la madre, por consiguiente los valores isotópicos de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  de la cría son más altos en la cadena trófica). El momento de destete queda representado a partir de un valor más bajo de los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  respecto a los períodos de amamantamiento. Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  presentan, durante el destete, concentraciones más negativas como consecuencia de la finalización de la dieta rica en lípidos (Balasse et al., 1997; 1999; 2000; 2001).

#### **2.3.4.1.2. Pautas alimentarias de los animales domésticos**

Establecer las pautas alimentarias de cada especie animal es fundamental para comprender los sistemas ganaderos implementados durante el Neolítico Inicial. El estudio de la alimentación de las primeras poblaciones domésticas permite incidir en la interacción entre la gestión del medio (disponibilidad de alimento y condiciones ambientales) y los ciclos agrícola-ganaderos (pastos y disponibilidad de forraje), aportando datos interesantes sobre la dinámica de introducción de las especies animales domésticas a las estrategias económicas. El estudio de la alimentación implica tener en cuenta toda una serie de aspectos relacionados con la misma y que son precisamente los que pueden condicionar su diversidad y variabilidad. Entre estos

aspectos deben mencionarse las necesidades fisiológicas de cada especie animal, sexo y edad de los animales y el tipo de explotación a los que están sometidos (carne, leche y fibras); así como las capacidades de adaptación de la especie animal a los recursos alimentarios y a la disponibilidad de alimento (Khon, 1996; Balasse et al., 2002, 2006, 2012, 2014; Cerling, 2003; Fuller et al., 2012; Makarewicz, 2014, 2017). Los análisis de isótopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  contenidos en los tejidos óseos permiten identificar la práctica de estrategias que implican el suministro extraordinario de alimentos. La variabilidad que presentan los valores puede variar en función de la especie o de las necesidades individuales de cada animal (edad, sexo, ritmo reproductivo...), y del grado de control ejercido por los agentes sociales según sea la estrategia alimentaria implementada (disponibilidad de alimento a nivel local, movilidad de los rebaños, aportación artificial de forraje...) (Madgwick et al., 2012).

#### **2.3.4.1.3. Regímenes de movilidad de los animales domésticos**

La posibilidad de incidir en los regímenes de movilidad de los animales domésticos es muy limitada a partir del conjunto de métodos y técnicas arqueozoológicas tradicionales. A partir del análisis de los isótopos estables de  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  y  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  es posible representar una secuencia concreta de la vida del individuo, y evidenciar estrategias de trashumancia o desplazamientos latitudinales significativos de carácter cíclico-estacional (Balasse et al., 2002; Bentley y Knipper, 2005; Tornero et al., 2016, 2017; Knockaert et al., 2017). Por ejemplo, un cambio estacional en la alimentación puede corresponder a una movilidad estacional entre zonas de pasto diferentes, con una cobertura vegetal diferente. Esta movilidad puede ser detectada, por ejemplo, en el caso de que se varíe entre zonas de pasto dominadas por plantas con diferentes vías fotosintéticas (plantas  $\text{C}_3$  o plantas  $\text{C}_4$ ). Por otro lado, una movilidad estacional altitudinal se traducirá en una variación estacional en la fijación relativa de  $\delta^{13}\text{C}$  de la alimentación (Balasse, 2003).

#### **2.3.4.2. Utilización de los análisis de isótopos estables para la caracterización de las estrategias alimentarias de los animales domésticos**

Para el estudio de los procesos de trabajo implicados en el mantenimiento de los animales es necesario integrar distintos enfoques metodológicos que permitan incidir directamente en la dinámica y régimen de vida de las poblaciones animales. El análisis de isótopos estables contenidos en los tejidos animales en restos arqueológicos puede contribuir de manera significativa a la obtención de datos sobre las estrategias de cría y mantenimiento practicadas por parte de las primeras comunidades neolíticas en el noreste de la Península Ibérica. Uno de los objetivos principales de los casos de estudio que se presentan en este trabajo es la

evaluación de las pautas alimentarias de cada especie animal para inferir la organización de los sistemas ganaderos. El análisis de los valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  permitirá establecer una aproximación a las estrategias de alimentación animal durante las primeras fases de desarrollo de las prácticas ganaderas a inicios del neolítico.

En este apartado se presenta una síntesis de las relaciones isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para el caso concreto de restos de fauna de macromamíferos terrestres. Previamente, y con el propósito de sentar las bases interpretativas, se expondrán las premisas básicas a nivel químico de las relaciones isotópicas, la dinámica de fijación de los distintos isótopos en los tejidos animales y las posibilidades de los diferentes tipos de tejidos óseos (hueso y diente) en relación a la preservación del contenido isotópico y posibilidades analíticas.

#### **2.3.4.2.1. Principios básicos de los estudios de isótopos estables en Arqueología**

##### **2.3.4.2.1.1. Isótopos estables y fraccionamiento isotópico**

Los isótopos son átomos de un mismo elemento químico que presentan el mismo número atómico ( $n^{\circ}$  de protones) pero distinta masa atómica ( $n^{\circ}$  de neutrones). Dentro de la variedad de formas que puede darse en un elemento se distinguen: los isótopos radioactivos o inestables (el núcleo inestable tiende a estabilizarse perdiendo energía y partículas atómicas) y los isótopos estables (la masa atómica permanece constante en el tiempo). Un mismo elemento puede tener diferentes isótopos estables e inestables, en algunos casos se puede medir la relación entre los diferentes isótopos estables (Garritz, 2011). Un ejemplo de esto es el caso del  $\text{CO}_2$ , compuesto por moléculas conformadas en un 99% por isótopos  $^{12}\text{C}$ , un 0,09% por isótopos  $^{13}\text{C}$  y un 0,01% por isótopos  $^{14}\text{C}$ . A partir del proceso de fotosíntesis, al fijarse el  $\text{CO}_2$  en los tejidos vegetales de las plantas, se produce un fraccionamiento isotópico de las moléculas de  $\text{CO}_2$ . En este fraccionamiento principalmente se fijan las moléculas de  $^{12}\text{C}$  (isótopo menos pesado) frente a las moléculas de  $^{13}\text{C}$  o  $^{14}\text{C}$  (isótopos más pesados). Con el fraccionamiento isotópico el resultado de la concentración en relación a la original ( $\text{CO}_2$ ) es más reducido (Panarello, 1987; Garritz, 2011).

Los isótopos estables no decaen transformándose en otros átomos, aunque su concentración relativa puede variar cuando hay fases o compuestos que comparten átomos con más de un isótopo. La redistribución de las especies isotópicas entre fases o compuestos en equilibrio estable o inestable hacia una configuración diferente a la inicial se denomina fraccionamiento isotópico (Panarello, 1987). El fraccionamiento isotópico está provocado por efectos isotópicos o factores de fraccionamiento que tienen lugar durante la rotura o formación de enlaces



atómicos, así como consecuencia de otros procesos dependientes de la masa atómica (p. ej. difusión). De este modo, algunas sustancias se ven enriquecidas en el isótopo minoritario (por lo general el más pesado), mientras que otras resultan empobrecidas (se vuelven más ligeras) (Mateo et al., 2004). Se distinguen dos tipos de efectos isotópicos: termodinámicos (o en equilibrio) y cinéticos. La mayoría de los fraccionamientos de equilibrio se deben a diferencias en las constantes de equilibrio, es decir, son el resultado de la reducción de la energía de vibración cuando un isótopo más pesado es sustituido por otro más ligero. Como resultado se darán concentraciones más altas de isótopos pesados en sustancias donde la energía de vibración es más sensible a la sustitución por isótopos ligeros. En segundo lugar, el fraccionamiento isotópico cinético es una variación en la velocidad de una reacción química entre distintos isótopos, es decir, cuando en uno de los reactivos un átomo es sustituido por uno de sus isótopos (Panarello, 1987). Los efectos isotópicos cinéticos de una secuencia de reacciones no son generalmente aditivos, a diferencia de los que son de tipo termodinámico (Mateo et al., 2004). En muchas reacciones bioquímicas, la ocurrencia de fraccionamiento cinético involucra a sustratos al inicio de vías metabólicas, como por ejemplo, la fijación inicial de dióxido de carbono en la fotosíntesis.

Otro aspecto importante es la energía molecular, ésta está conformada por la energía eléctrica, energía de traslación, energía rotativa y energía vibracional. Es esta última la que presenta las principales diferencias entre isótopos provenientes de procesos químicos (a excepción de los isótopos de H). La frecuencia vibracional de una molécula depende de fuerzas de enlace que aproxima a los átomos y la masa de los átomos de la molécula, porque en dos moléculas con la misma fórmula química los isótopos difieren de masa (Urey, 1947; Lau, 1995). Por ejemplo, las propiedades químicas de  $^{16}\text{O}$  y  $^{18}\text{O}$  son iguales porque tienen la misma estructura electrónica, pero difieren en la frecuencia vibracional, es decir, originan un ligero cambio debido a la diferencia relativa de las masas de los isótopos, provocando un enriquecimiento del isótopo ligero. Los enlaces formados por los isótopos ligeros ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}$ ) son menos energéticos que los de los isótopos pesados ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}$ ). Cabe destacar que el fraccionamiento de la energía molecular depende de la temperatura, es decir, a mayor temperatura, menos fraccionamiento (Urey, 1947).

Los efectos isotópicos suelen tener valores próximos a la unidad, se conocen como *discriminación isotópica* ( $\Delta$ ). La fórmula es la siguiente:

$$\Delta (\text{‰}) = \alpha - 1 = (\delta_r - \delta_p) / (1 + \delta_p / 1000)$$

Definida como su desviación respecto a la unidad, siendo  $\alpha$  el efecto isotópico a la reacción,  $\delta_r$  y  $\delta_p$  la composición isotópica de los reactivos y del producto, respectivamente. La  $\Delta$  del producto de una reacción posee la ventaja de ser independiente tanto del estándar empleado en las medidas, como de la composición isotópica de los reactivos. Ésta permite la comparación directa de los resultados obtenidos.

Dada la dificultad de medir la abundancia isotópica, se propone el uso entre la relación del número de moléculas que contienen el isótopo más pesado y el más ligero. Poniendo como ejemplo el carbono, el cual tiene como isótopos estables  $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$ , dicha relación (R) será definida como  $R = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ . Esta relación, de orden 0.011, presenta números muy pequeños y difíciles de trabajar. La diferencia entre la abundancia de un isótopo pesado y uno ligero de un mismo elemento se determina a partir de la espectrometría de masas (IRMS = *Isotope ratio mass spectrometer*). Las composiciones isotópicas se expresan mediante el valor  $\delta$ , el cual representa la desviación relativa respecto a un valor estándar, que con el objetivo de simplificar se multiplica por mil (por ejemplo en el caso de  $\delta^{13}\text{C}$  sería  $\delta^{13}\text{C}\%$ ) (Fry, 2006):

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{muestra}} = [ (^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{muestra}}) / (^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{estándar}}) - 1 ] \cdot 1000\%$$

Para poder comparar los resultados obtenidos del isótopo estable pesado y ligero se lleva a cabo una formatización del resultado a través de una fórmula que permite poner en relación la proporción evidenciada y la evaluada en una muestra estándar internacionalmente aceptada y convencionalmente asimilada a 0‰. El estándar usado para calcular el valor  $\delta^{13}\text{C}\%$  fue PDB (PeeDee Belemnite), el cual al estar actualmente agotado ha sido sustituido por V-PDB (Viena-PeeDee Belemnite), un carbonato procedente del fósil *Belemnitella americana*, de la formación cretácica Pee Dee de Carolina del Sur (EEUU) (Fry, 2006). Este estándar también se utiliza para calcular el valor  $\delta^{18}\text{O}\%$  en sólidos. En cambio, se utiliza el estándar  $\text{N}_2$  para el valor  $\delta^{15}\text{N}\%$ .

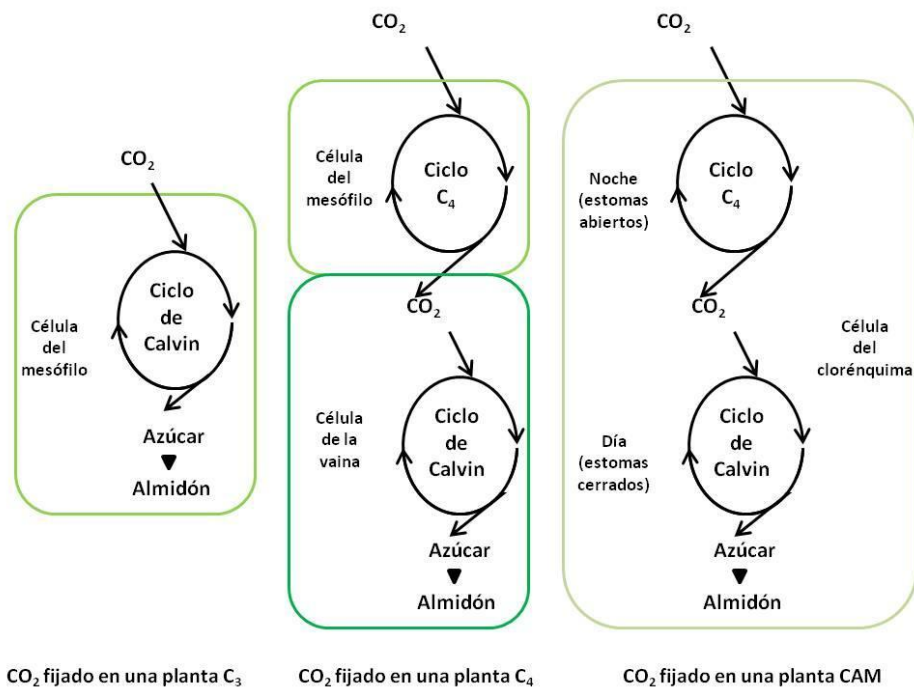
#### **2.3.4.2.1.1.1. El ciclo vegetal del carbono: Isótopos de carbono en plantas**

La fuente primaria de carbono son las plantas; durante el proceso de fotosíntesis, las plantas que tienen clorofila absorben luz solar y el  $\text{CO}_2$ . Este proceso supone la transformación bioquímica de las moléculas de  $\text{CO}_2$  para conformar sus tejidos vegetales a partir de la producción de sustancias orgánicas carbonatadas. De forma más concreta, las plantas toman energía luminosa, la transforman y la almacenan en forma de compuestos carbonatados ricos en contenido energético. La energía luminosa empleada en la transformación fotosintética del

CO<sub>2</sub> es absorbida para la clorofila. La clorofila es esencial en el proceso de fotosíntesis ya que lleva a término la totalidad del proceso. En el limo foliar, o tejido de las hojas verdes, se constituye una red de conductos de expulsión y captación, donde se realiza la absorción de CO<sub>2</sub> y la expulsión de las moléculas de oxígeno O<sub>2</sub>. El aire atmosférico es una fuente de todas las formas de carbono: la mayoría de las moléculas de CO<sub>2</sub> del aire tienen un número másico igual a 44 (<sup>12</sup>C<sup>16</sup>O<sup>16</sup>O), y en menor cantidad algunas presentan un número másico de 45 (<sup>13</sup>C<sup>16</sup>O<sup>16</sup>O). Al penetrar el CO<sub>2</sub> en las plantas que lo fijan durante el proceso de fotosíntesis se produce un fraccionamiento isotópico de las concentraciones de isótopos <sup>13</sup>C (Santiago et al., 2005). La mayor parte de los trabajos con isótopos estables se lleva a cabo en hojas ya que el fraccionamiento queda mejor reflejado (Araus et al., 1992; Condor et al., 1992).

La medición, o el cálculo, de la ratio entre los isótopos <sup>13</sup>C y <sup>12</sup>C permite distinguir la fuente de origen vegetal a partir de la distinción en los procesos de fotosíntesis. Cabe destacar que los principales procesos de discriminación isotópica en la incorporación biológica del carbono en las plantas son la captación y difusión intracelular del CO<sub>2</sub> y la fijación fotosintética del CO<sub>2</sub>. La proporción de CO<sub>2</sub> asimilado y metabolizado por las plantas produce diferentes relaciones isotópicas, las cuales se relacionan en función del tipo de proceso metabólico que realiza la planta con los diferentes procesos de fotosíntesis (Farquhar, 1980; Vogel, 1980). Por ejemplo, se conocen tres vías principales a partir de la fijación fotosintética: si la fotosíntesis es del tipo C<sub>3</sub>, el CO<sub>2</sub> asimilado por la planta habría perdido ~2% del <sup>13</sup>C original; si la fotosíntesis es de tipo C<sub>4</sub>, la proporción resultante es menor; finalmente, si la fotosíntesis es de tipo CAM (Crassulacean acid metabolism), los resultados de las concentraciones isotópicas serían similares al tipo C<sub>4</sub>. Estos dos últimos tipos de plantas (C<sub>4</sub> y CAM) presentan adaptaciones fisiológicas específicas (Tieszen, 1991) (Figura 2.19).

Las características propias de la fisiología vegetal explicarían las variaciones en las concentraciones isotópicas resultantes. Cuando el CO<sub>2</sub> pasa al interior de los organismos lo hace a través de unas estructuras ubicadas en la capa exterior del organismo vegetal, denominadas estomas, que autorregulan la entrada de CO<sub>2</sub> a partir de su dilatación. En plantas C<sub>3</sub>, la carboxilación depende casi exclusivamente de la rubisco (RuBisCo, ribulosa-1, 5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa), una enzima que se encuentra en los cloroplastos de los organismos autótrofos y cataliza el paso inicial del ciclo de Calvin, en concreto a la fijación del dióxido de carbono a una forma orgánica.



**Figura 2.21.** Fijación del  $\text{CO}_2$  en plantas  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  y CAM (Redibujado de Raven, 2003).

En cambio, en las plantas tipo  $\text{C}_4$  el dióxido de carbono se fija en las hojas a través de la combinación del fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC) para formar oxaloacetato, que éste a su vez es convertido a aspartato que migra al haz vascular, donde se convierte de nuevo en oxaloacetato. La fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC), que solo actúa en las plantas  $\text{C}_4$ , descarboxila el oxaloacetato en el haz vascular liberando dióxido de carbono que es fijado por la enzima RuBisCo (Farquhar, 1980; Tieszen, 1991). El hecho de que estos dos enzimas presenten fraccionamientos muy distintos (29‰ y -5.7‰, respectivamente) explica las diferencias en  $\delta^{13}\text{C}$  entre especies  $\text{C}_3$  y  $\text{C}_4$ .

De este modo, el isótopo pesado ( $^{13}\text{C}$ ) es discriminado respecto al más ligero ( $^{12}\text{C}$ ) durante el proceso físico-químico de asimilación (Farquhar et al., 1982, 1989). Siguiendo con lo expuesto, el ciclo de Calvin-Benson o  $\text{C}_3$  son plantas que dominan en los ecosistemas terrestres y tienen valores de  $\delta^{13}\text{C}$  que oscilan entre -24‰ a -30‰. Las especies acuáticas, salvo en contadas excepciones, presentan un metabolismo de tipo  $\text{C}_3$ , aunque se observa un amplio rango de valores  $\delta^{13}\text{C}$  en plantas acuáticas, que oscilan entre -3.0‰ y -39.5‰ (Farquhar et al. 1989). Los valores menos negativos se deben a un mecanismo de concentración de  $\text{CO}_2$  ampliamente distribuido entre especies marinas y continentales, y que implican un transporte activo a través de las membranas (Berry, 1988). En segundo lugar, el ciclo de Hatch- Slack o  $\text{C}_4$  agrupa menos del 5% de las fanerógamas, situándose los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de estas plantas entre -10‰ y -16‰. Finalmente, el ciclo CAM domina en los ecosistemas desérticos y tienen la capacidad

de cambiar de una fotosíntesis  $C_3$  durante el día a otra  $C_4$  durante la noche (Guerrero y Berlanga, 2000). Para el caso que nos ocupa en este trabajo, en los mamíferos la variación de los valores de  $\delta^{13}C$  entre plantas  $C_3$  y  $C_4$  difiere entre -26 ‰ -12 ‰, respectivamente (Cerling et al., 1997). A partir del análisis de la bioapatita, los valores de  $\delta^{13}C$  varían entre -0,5% para consumidores de plantas  $C_4$  y -14,5% para consumidores de plantas  $C_3$  (Lee-Thorp y van der Merwe, 1987).

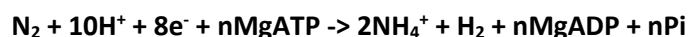
No obstante, las relaciones entre los valores de  $\delta^{13}C$  de las plantas consumidas y el tejido sintetizado pueden estar condicionadas por factores fisiológicos (DeNiro, 1987; Brooks et al., 1997; Cerling y Harris, 1999), ambientales y climáticos (Stuvier y Braziunas, 1987; Farquhar et al., 1989; Saurer et al., 1995; Khon, 2010), el grado de humedad del suelo (Duquesnay y Dupouey, 2000), la temperatura (Smith et al., 1986), variaciones en las concentraciones de  $CO_2$  atmosférico (Polley et al., 1993) y por el efecto dosel (Vogel, 1978; van der Merwe y Medina, 1991; Tiezen, 1991; Balasse et al., 2000:44; Schoeninger et al., 2002). Cabe destacar que los diversos factores comentados anteriormente están condicionados en función de la latitud y altitud a la que actúan (Heaton, 1999; Dawson et al., 2002; Santiago et al., 2005; Khon, 2010).

Para el caso que nos ocupa, la Península Ibérica, las condiciones ambientales es el principal factor responsable de las variaciones en la composición isotópica del carbono entre individuos de una misma especie (Mateo et al., 2004). Entre las variables que pueden alterar  $\delta^{13}C$  en tejidos vegetales se puede destacar: las condiciones hídricas (disponibilidad o demanda), la concentración de  $CO_2$  y la irradiancia. En condiciones de sequía los estomas limitan la fotosíntesis, disminuyendo la relación entre la presión parcial de  $CO_2$  en el interior de la hoja y en el aire; como consecuencia aumenta  $\delta^{13}C$  en las plantas  $C_3$  (Ehleringer y Cooper, 1988; O’Leary, 1995; Araus et al., 1997), produciendo un efecto contrario en especies  $C_4$  (Buchmann et al., 1996; Williams et al., 2001). El aumento y disminución de  $\delta^{13}C$  es un buen indicador de la disponibilidad hídrica, principalmente en climas con marcada estacionalidad (Warren et al., 2001; Mateo et al., 2004). Por otro lado, en plantas  $C_3$  un incremento de  $CO_2$  tiene como resultado una mayor tasa fotosintética y el aumento de su eficiencia hídrica, al cerrar los estomas (Mateo et al., 2004). Esta reducción de la conductancia estomática no limita la fotosíntesis:  $\delta^{13}C$  se vuelve más negativa a medida que la concentración de  $CO_2$  aumenta (Polley et al., 1993; Beerling y Woodward, 1995). Por último, se han observado correlaciones positivas entre la irradiancia y  $\delta^{13}C$  en especies  $C_3$  (O’Leary, 1995) y  $C_4$  (Buchmann et al., 1996).

#### **2.3.4.2.1.1.2. El ciclo del nitrógeno: Isótopos de nitrógeno en plantas**

El nitrógeno (N) es un elemento que constituye un 8-16% de la materia viva. Forma parte de

moléculas que intervienen en la actividad biológica, como los ácidos nucleicos, donde se asienta la información genética, las proteínas y enzimas, y los compuestos estructurales que son fundamentales en la organización de la materia viva y catalizadores de los procesos biológicos (Cotton, 1996). Como constituyente de las proteínas está en una proporción del 10-15%. La mayoría del nitrógeno presente en la biosfera está en forma de N<sub>2</sub> en la atmósfera, presentando un valor constante de  $\delta^{15}\text{N}_{\text{aire}} = 0\text{‰}$ . En el resto de la biosfera los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  oscilan entre -10 y +10‰ (Baca et al., 2010). El N<sub>2</sub>, debido al triple enlace entre los dos átomos de nitrógeno, hace que la molécula sea inerte y no pueda ser aprovechado por la mayoría de los organismos vivos, sino sólo por un pequeño grupo de microorganismos (bacterias, cianobacterias y actinomicetos). El nitrógeno puede ser obtenido por las plantas por absorción del suelo en forma de nitrato de amonio o bien por reducción del N<sub>2</sub> atmosférico estableciendo asociaciones simbióticas con diversas bacterias. Éste proceso puede ser llevado a cabo por los microorganismos en vida libre o en simbiosis con plantas, no sólo permitiendo usar el nitrógeno atmosférico sino también revertir o reducir la degradación del suelo (Parsons, 2004). La fijación es mediada por el complejo nitrogenasa, presente en los organismos fijadores, el cual cataliza la conversión del N<sub>2</sub> a NH<sub>4</sub><sup>+</sup> bajo la reacción general:



Ésta requiere grandes cantidades de poder reductor y energía (ATP), y la reducción obligada de protones con un mínimo de 1 mol por H<sub>2</sub> producido por mol de N<sub>2</sub> reducido (Halbleib y Luden, 2000). La actividad del complejo enzimático puede ser mermada por el oxígeno, es decir, los organismos fijadores poseen de mecanismos (p. ej. alta tasa respiratoria) que les permiten mantener bajas concentraciones de nitrógeno con el objetivo de mantener la enzima en funcionamiento (Lee et al. 2004).

El fraccionamiento isotópico del nitrógeno en las plantas ocurre como resultado de la asimilación de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> o NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, la translocación hacia las hojas y el metabolismo del nitrógeno en el citoplasma. La incorporación de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tiene un efecto isotópico de entre 0.3‰ y 3‰, este fraccionamiento disminuye con la edad de la planta y las intensidades crecientes de luz, mientras que aumenta ante concentraciones crecientes de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Kohl y Shearer, 1980).

#### **2.3.4.2.1.1.3. El ciclo del oxígeno: Isótopos de oxígeno en la atmósfera**

La composición isotópica del oxígeno (O) de los mamíferos terrestres está directamente relacionada con el agua corporal (Bryant, 1996). El agua corporal refleja la composición isotópica del oxígeno del cuerpo, producto de la fisiología particular de la especie animal, las

condiciones ambientales (precipitaciones, humedad y clima: Land et al., 1980, Longinelli, 1984; Luz et al., 1984, D'Angella y Longinelli, 1990) y la composición de la alimentación (Bryant et al., 1994; Bocherens et al., 1996; Khon et al., 1996). El oxígeno corporal está formado por oxígeno atmosférico, por el oxígeno de los alimentos ingeridos y por el agua ingerida (agua meteórica: Luz et al., 1984). La ecuación de la relación entre las diferentes fuentes de origen del agua del cuerpo es:

$$O_{\text{agua corporal}} = O_{\text{atmosférico}} + O_{\text{alimentos ingeridos}} + O_{\text{agua ingerida}}$$

Inciendo en este último aspecto, el agua ingerida, los tejidos animales fijan los valores isotópicos del agua del cuerpo por precipitación, condicionada por el posicionamiento continental, la cantidad de lluvia y por la temperatura y humedad a la que tiene lugar el proceso de precipitación (Dansgaard, 1964; Longinelli, 1984; Luz et al., 1984; Luz y Kolodny, 1985; Gat, 1996). De este modo, y dado que la temperatura interna de los animales no varía debido a condiciones climáticas (Urey, 1974) se puede establecer una relación entre los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  del agua bebida y los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  de los tejidos animales (Sponheimer y Lee-Thorp, 1999). Los estudios realizados por Dansgaard (1964), Longinelli (1984), Luz et al., (1984) y Luz y Kolodny (1985) han mostrado la relación entre la composición isotópica de los tejidos animales y los factores climáticos como la precipitación o la temperatura. La representación de estos dos factores en los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  dependerá de la dominancia de uno u otro factor en el contexto ambiental de la muestra analizada (Luz et al., 1984 y Luz y Kolodny, 1985). Por ejemplo, en áreas templadas y continentales con elevaciones medio-altas existe una correlación positiva entre los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  de la precipitación y la temperatura (valor de  $\delta^{18}\text{O}$  más positivo y temperatura más elevada; valor de  $\delta^{18}\text{O}$  más negativo y temperatura más baja). Los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  varían a lo largo del ciclo estacional acorde a las variaciones de temperatura dadas por las diferencias en la presión evaporativa entre  $^{18}\text{O}$  y  $^{16}\text{O}$ . Cabe destacar que en estas regiones la temperatura es el agente dominante debido a variaciones amplias durante el ciclo estacional y que las precipitaciones aumentan en los meses de verano (Dansgaard, 1964; Yurstever et al., 1981; Rozanski et al., 1993). Para las áreas tropicales, la correlación entre los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  de la precipitación y la temperatura es débil, siendo los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  más negativos cuando corresponde a un aumento del volumen de precipitación, y más positivos en correspondencia con la disminución del volumen de la precipitación. En estas zonas el volumen de las precipitaciones varía durante el ciclo estacional, pero las temperaturas son más estables (Dansgaard, 1964; Rozanski et al., 1993; Njitchona et al., 1999). La altitud también modifica la composición isotópica de los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  del agua meteórica (Gat, 1996). Los altos niveles de precipitación en zonas templadas de

mayor altitud (causados por la orografía), las temperaturas más frías y el fraccionamiento evaporativo, producen que los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  sean inferiores (Siegenthaler y Oeschger, 1980; McGuire y McDonnell, 2007).

#### **2.3.4.2.1.2. Proceso de fijación y relaciones isotópicas en tejidos animales**

Cada valor isotópico desarrolla un proceso de fijación de las relaciones isotópicas distinto. En relación a la aplicación de las relaciones isotópicas para la reconstrucción de paleodietas, cabe destacar que la señal obtenida mediante la lectura de los valores isotópicos no hace referencia exactamente a los alimentos ingeridos, sino a la porción de estos que el organismo asimiló en el tejido que se analiza (Hobson y Clark, 1992). Por esta razón, los procesos de asimilación y metabolización son claves a la hora de interpretar las señales isotópicas (Prosser, 1991; Gannes et al., 1997, 1998; Stevens y Hume, 2004). Las relaciones isotópicas de los alimentos se modifican ligeramente al fijarse en los tejidos, como veremos abajo. No obstante, cada relación entre isótopos estables difiere de forma específica en los propios procesos de fraccionamiento.

A continuación, se describe para el caso concreto de estudio los procesos de fijación y fraccionamiento de las relaciones isotópicas del carbono, oxígeno y nitrógeno en los tejidos de los macromamíferos terrestres.

##### **2.3.4.2.1.2.1. Fijación de los isótopos de carbono**

En los seres heterótrofos, como los mamíferos terrestres, los isótopos de carbono (C) se incorpora a los tejidos partir de la ingesta de alimentos. La fuente primaria de carbono son las plantas consumidas por los herbívoros y luego transmitida, a través de la cadena trófica, a los omnívoros y carnívoros. Los procesos de fraccionamiento durante la asimilación y fijación de las relaciones isotópicas de los vegetales consumidos a los tejidos resultan en valores más positivos que los correspondientes a los alimentos ingeridos (Ambrose, 1993). La pérdida preferencial de  $^{12}\text{CO}_2$  en la respiración, la captación selectiva de compuestos  $^{13}\text{C}$  durante la digestión y el fraccionamiento metabólico durante la formación de los distintos tipos de tejidos son procesos que contribuyen al enriquecimiento entre alimento y consumidor (Ambrose, 1993; Jim et al., 2004; Fernandes et al., 2012).

Las relaciones isotópicas estables en carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ), medidas en colágeno óseo ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}$ ) y bioapatita ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{bioapatita}}$ ), son indicadores en la reconstrucción de la dieta. El fraccionamiento entre la dieta y el colágeno óseo produce un enriquecimiento del  $^{13}\text{C}$  de  $\sim 5\text{‰}$  en el colágeno en relación a la dieta. Experimentos en laboratorio han constatado que los valores del  $\delta^{13}\text{C}$  en



el colágeno están largamente influenciados por los valores de las proteínas en la dieta, aunque también pueden reflejar el carbono de otros macronutrientes (energía = carbohidratos y lípidos ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{energía}}$ ): Jim et al., 2004). En concreto, Fernandes et al. (2012) ha recientemente confirmado, a partir de trabajos experimentales, que el carbono del colágeno deriva en un 74% de proteínas y en un 26% de energía (carbohidratos y lípidos):

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}} = 04.8 + 0.74 \delta^{13}\text{C}_{\text{proteína}} + 0.26 \delta^{13}\text{C}_{\text{energía}} (\text{‰})$$

Es importante, por lo tanto, señalar que el enriquecimiento en  $^{13}\text{C}$  de  $\sim 5 \text{‰}$  en el colágeno en relación a la dieta sólo será observable en el caso de que  $\delta^{13}\text{C}_{\text{proteína}}$  y  $\delta^{13}\text{C}_{\text{energía}}$  tengan valores similares. Esta condición es válida para muchas dietas basadas en plantas  $\text{C}_3$  (para las gramíneas salvajes y cereales de 1 a 2‰ de diferencia entre  $\delta^{13}\text{C}$  en proteínas y carbohidratos, y de 4 a 6‰ en el  $\delta^{13}\text{C}$  en los lípidos de las plantas: Tieszen 1991). En cambio,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{energía}}$  en el tejido animal se obtiene principalmente de los lípidos y carbohidratos, presentando diferencias de entre 3 a 8‰ entre  $\delta^{13}\text{C}_{\text{proteína}}$  y  $\delta^{13}\text{C}_{\text{energía}}$  (Tieszen et al., 1983, Ramsay y al. Hobson 1991; Hilderbrand et al. 1996; Piasentier et al. 2003). La relación isotópica entre dieta y colágeno depende principalmente de los efectos de las vías metabólicas y adaptaciones digestivas de los animales (Schwarcz, 1991, 2000; Hedges y van Klinken, 2000), la edad, el sexo, y el estrés ambiental y nutricional (Heaton et al., 1986, Sealy et al., 1987, Ambrose, 1991).

Por el contrario, el fraccionamiento entre dieta y apatita produce un enriquecimiento del  $^{13}\text{C}$  de  $\sim 9.5 \text{‰}$  (Jim et al., 2004). Ello es debido a que los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en apatita reflejan toda la dieta, es decir, proteínas, carbohidratos y lípidos (Ambrose y Norr, 1993, Tieszen y Fagre, 1993, Norr, 1995). El carbonato de apatita deriva del bicarbonato disuelto en la sangre, en otras palabras, del conjunto total de carbono metabólico (Lee-Thorp et al., 1989, Schwarcz, 1991). Todos los átomos de carbono ingeridos (>99%) abandonan el cuerpo como  $\text{CO}_2$ . Por tanto, el  $\text{CO}_2$  comprende el carbono de todos los macronutrientes dietéticos de acuerdo con sus proporciones en la dieta (Jim et al., 2004).

Respecto a los herbívoros terrestres, se ha evaluado la relación entre las concentraciones de  $\delta^{13}\text{C} \text{‰}$  en los animales y su alimentación, así como con los diferentes tejidos analizados (van der Merwe, 1989; Ambrose y Norr, 1993). De este modo, el colágeno del tejido óseo presenta un enriquecimiento que oscila en torno a un +5‰, mientras que en la bioapatita del mismo animal oscila en torno al +12‰ (Tieszen, 1991; Ambrose y Norr, 1993). Para los rumiantes en particular, los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  del colágeno de tejido óseo y la bioapatita del esmalte dentario presentan una diferencia de 7-8‰ entre ellos (con un enriquecimiento de la bioapatita en relación a la dieta en +13,5‰: Lee-Thorp y van der Merwe, 1987; Cerling y Harris, 1999). En el

trabajo de Passey et al. (2005:1465) se propone para los bueyes un enriquecimiento de  $\sim +14,5\%$  en la bioapatita del esmalte dentario; y en el de Darr y Hewitt (2006:1527) un enriquecimiento de  $1,19 \pm 2,23\%$  en el caso de cornamentas de cérvidos.

#### **2.3.4.2.1.2.2. Fijación de los isótopos de nitrógeno ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ )**

Las concentraciones de nitrógeno en los tejidos animales provienen de las proteínas incorporadas durante la ingesta de alimentos (Ambrose, 1993, 2000). Los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  generalmente reflejan la posición trófica de la fuente de alimento debido a fraccionamientos isotópicos relativamente grandes y predecibles (aproximadamente  $+3\%$  a  $+6\%$ ) a través de la red alimentaria (Ambrose, 1993; O'Connell et al. 2012). El primer nivel trófico en un ecosistema lo constituyen los productores (vegetales); su fuente de energía es el sol y sus nutrientes (inorgánicos) provienen del suelo, el agua y la atmósfera. El segundo nivel trófico pertenece a los herbívoros o fitófagos (consumidores de vegetales), que constituyen los consumidores primarios. Los herbívoros, a su vez, son la fuente de energía para los carnívoros, animales que se alimentan de otros animales. Aquellos que se alimentan directamente de los herbívoros son los carnívoros primarios o consumidores secundarios. Los consumidores secundarios constituyen la fuente de energía para los carnívoros secundarios o consumidores terciarios.

Cabe destacar la existencia de factores que modifican o alteran las relaciones generales entre el incremento de los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y la dieta ingerida. Los procesos digestivos de las especies rumiantes (Vogel, 1978) y los procesos de estrés térmico, nutricional o ambiental (Ambrose, 1991; Sealy et al., 1978; Heaton et al., 1986) pueden alterar el proceso de fijación y fraccionamiento esperado. Heaton et al., (1986) y Ambrose (1991) demostraron que los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  son sensibles al clima y a los ambientes áridos, manifestándose valores más altos de éste. Del mismo modo, los resultados de estudios de comparación entre individuos de la misma especie, pero en ambientes áridos y en ambientes húmedos, muestran que el  $\delta^{15}\text{N}$  varía dependiendo de la región geográfica (Heaton et al., 1986; Sealy et al., 1987). Los estudios relacionados con los mecanismos fisiológicos involucrados en la variación de los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en mamíferos de zonas áridas, proponen un modelo explicativo de pérdida de nitrógeno a través de la urea que se excreta por la orina (DeNiro, 1987; Ambrose, 1991). Los trabajos de McCutchan et al. (2003), Balter et al. (2006) y Rodríguez-Martínez (2010) proponen que durante la eliminación de los residuos nitrogenados (urea) se excreta preferente el  $^{14}\text{N}$  debido a que se requiere un menor coste energético en la ruptura de los enlaces formados por este isótopo que en la ruptura de los enlaces formados por  $^{15}\text{N}$ .

Además, los valores globales de colágeno  $\delta^{15}\text{N}$  de humanos y animales de contextos agrícolas pueden potencialmente registrar cambios en la abundancia de  $^{15}\text{N}$  en planta-suelo debido a prácticas de trabajo de la tierra, tales como la adición de fertilizantes animales (Bogaard et al., 2007; Szpak, 2014). El suelo está enriquecido de forma natural en  $^{15}\text{N}$  respecto a la atmósfera debido a procesos del ciclo de nitrógeno en el suelo (de 3‰ a 4‰). En suelos con una elevada concentración de amonio (campos fertilizados o suelos con pH por encima de 4) se observa un enriquecimiento en  $^{15}\text{N}$  debido a la volatilización preferencial del  $^{14}\text{NH}_3$  (Mateo et al., 2004). La intensidad con la que se volatiliza el amoníaco depende de las características del suelo, clima y latitud (Mizutani et al., 1991; Stapp et al., 1999). Cuando se ubican dentro del contexto del ecosistema local, los isótopos estables en nitrógeno pueden proporcionar información valiosa sobre el nivel trófico de fuentes de alimento en la dieta de los macromamíferos, así como cambios espaciotemporales en las estrategias agrícolas (Balasse et al., 2015, 2016; Hamilton y Thomas, 2012; Madgwick et al., 2012; Müldner y Richards, 2005).

#### **2.3.4.2.1.2.3. Fijación de los isótopos de oxígeno ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ )**

La composición isotópica del agua ingerida (agua meteórica) y del agua de las plantas en herbívoros se refleja en los valores  $\delta^{18}\text{O}$  de la bioapatita en el esmalte dentario (Levin et al., 2006; Sponheimer y Lee-Thorp, 1999). Durante la captación y transporte del agua del suelo a las plantas el fraccionamiento isotópico del oxígeno es mínimo, pero sí que se produce un enriquecimiento en  $^{18}\text{O}$  de las hojas de las plantas en relación al agua de plantas que no transpiran, consecuencia de la pérdida evaporativa de  $^{16}\text{O}$  (Dongmann et al., 1974, Gonfiantini et al., 1965, Helliker y Ehleringer, 2000). Los isótopos de oxígeno están presentes tanto en el fosfato como en el carbonato de la bioapatita, en el momento de su formación están en equilibrio isotópico con el agua del cuerpo, aunque la fuente más importante de obtención de oxígeno en los mamíferos, procede del  $\text{CO}_2$  atmosférico que respiran, no participa en la composición isotópica de fosfatos y carbonatos. El carbonato de bioapatita se deriva del bicarbonato de sangre (Ambrose y Norr, 1993; Tieszen y Fagre, 1993), y debido a la rápida transferencia de oxígeno entre sangre y bicarbonato, el oxígeno de carbonato precipita en equilibrio isotópico con el agua corporal (Krueger y Sullivan, 1984; Tieszen y Fagre, 1993). Por lo tanto, el carbonato de esmalte dental refleja en  $\delta^{18}\text{O}$  la composición isotópica del agua corporal (Nagy, 1989; Bryant y Froelich, 1995; Bryant, 1996). La composición isotópica del agua corporal y de los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  del carbonato de bioapatita están potencialmente influenciados por factores fisiológicos como el gasto energético, la temperatura, los mecanismos de pérdida de calor y las tasas de rotación del agua (Khon, 1996; Makarewicz, 2017). Los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  en carbonato de esmalte reflejan la composición isotópica del agua

bebida, que incluye el agua subterránea de manantiales o pozos, aguas superficiales de ríos, lagos y estanques, y el agua de las hojas (Fricke et al., 1996; Kohn et al., 1998). Los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  de estas fuentes de agua se define por la humedad relativa y el agua meteórica (Craig, 1961; Gat, 1996). Los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  de precipitación influyen en el posicionamiento continental, temperatura, humedad y altitud, mientras que los cambios estacionales en los niveles de temperatura y humedad pueden provocar cambios en los isótopos de oxígeno de las aguas meteóricas (Dansgaard, 1964; Rozanski et al., 1993). Estos cambios ambientales y estacionales se reflejan en los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  de la bioapatita del esmalte que registra variaciones de oxígeno de acuerdo a una base estacional (Balasse et al., 2002, 2003; Makarewicz, 2017). El agua bebida puede proceder de fuentes de agua abierta, en este caso los valores de corresponden a los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  del agua meteórica; en cambio, el agua que se incorpora al animal a través de las hojas ingeridas está influenciada por la evaporación, los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  en hoja están más enriquecidos debido a los efectos de transpiración (Helliker y Ehleringer, 2000; Levin et al., 2006).

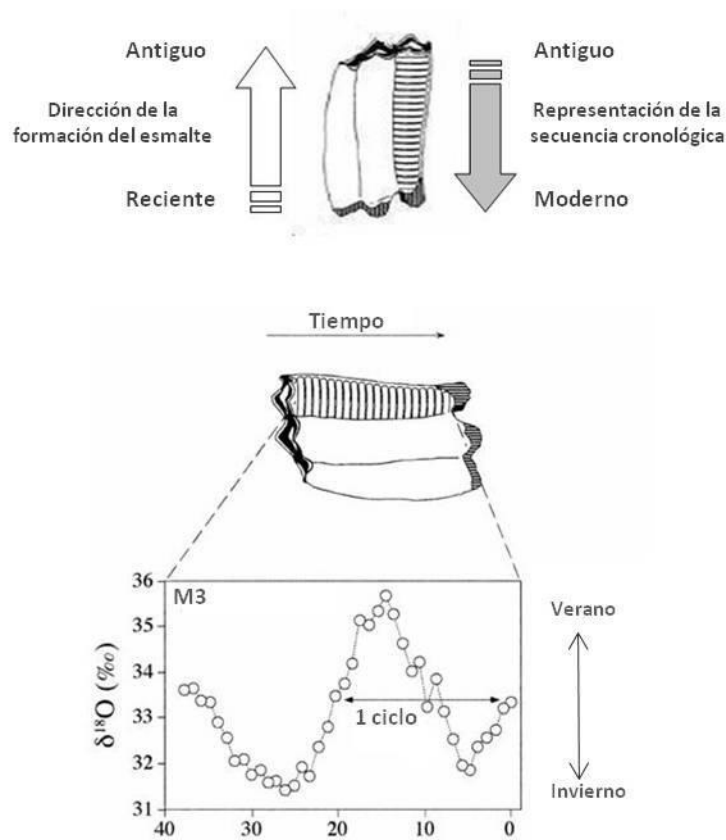
#### **2.3.4.2.1.3. Determinación de las relaciones isotópicas en tejidos animales**

Una vez fijados en los tejidos animales, los isotopos estables son susceptibles de ser recontados en restos de fauna arqueológicos. Sin embargo, la dinámica tafonómica puede alterar las composiciones isotópicas (Tornero, 2011). A continuación, se presentan las particularidades específicas de los tejidos animales considerados en este trabajo: hueso y esmalte de los restos dentarios y se describen las características específicas que condicionan las posibilidades del análisis, así como la representatividad de las lecturas obtenidas.

##### **2.3.4.2.1.3.1. Determinación de las relaciones isotópicas en la bioapatita del esmalte dentario**

El esmalte dentario está formado por una fracción orgánica (2%) y una mineral (98%) (Koch et al., 1997:418). La bioapatita supone más del 90% de la conformación total de la parte mineral del esmalte, caracterizado por ser un tejido muy denso y de mucha dureza (Hilson, 2005). El análisis de isótopos estables en el esmalte dentario se da exclusivamente a partir de la bioapatita. La parte mineral de la bioapatita está formada principalmente por una gran proporción de grandes cristales de apatita (130x30 $\mu$ ). La bioapatita es menos susceptible a presentar alteraciones durante el proceso de diagénesis, por este motivo es óptima para el análisis de isótopos estables.

El esmalte dental se forma exclusivamente durante la gestación y durante los primeros meses de vida en la mayoría de los mamíferos. Una vez finalizado el proceso de formación del esmalte en el diente, éste no se remodela (Cerling y Harris, 1999, Balasse, 2002, 2003, Zazzo et al., 2005). El esmalte presenta de esta forma un registro cronológico de los cambios isotópicos durante el crecimiento del diente, que puede cubrir de varios meses a algunos años de vida del animal (Fricke y O'Neil, 1996; Fisher y Fox, 1998; Balasse, 2002, 2003). De esta forma, el muestreo en serie puede proporcionar un registro detallado de las variaciones estacionales en las proporciones de isótopos estables en el esmalte durante un período concreto de la vida del animal (Balasse, 2002, 2003) (Figura 2.20).



**Figura 2.22.** Arriba: representación de la relación entre la dirección del proceso de formación del esmalte dentario y la secuencia temporal. Abajo: representación de un ciclo anual y las variaciones estacionales (Re-dibujado de Balasse et al., 2003: 208; Tornero, 2011).

En estudios previos, las secuencias de valores de  $\delta^{18}\text{O}$  recuperadas de los terceros molares de ovejas y cabras cubren aproximadamente el ciclo anual completo (Weinreb y Sharav, 1964; Noble, 1974; Suga, 1982), mientras que para el caso de los bóvidos corresponden a un año y medio (Brown et al., 1960, Suga et al., 1979, Sakae y Hirai, 1982) (Figura 2.21).



**Figura 2.23.** Formación del esmalte dentario y erupción dental del tercer molar inferior (M3) en *Ovis aries*, *Capra hircus* y *Bos taurus* (Re-dibujado de Weinreb y Sharav (1964); Silver (1969); Milhaud y Nezeit (1991) y Brown et al., (1960).

Los isótopos que se pueden recontar son C y O. El carbono solo está presente en los carbonatos añadidos, mientras que el oxígeno está presente en diferentes emplazamientos del compuesto: en los propios carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) o en los grupos de fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Como se ha discutido antes, la composición isotópica de oxígeno y carbono de la bioapatita del esmalte se incorpora en el diente a partir del agua absorbida y la ingesta de alimentos. Las secuencias isotópicas de los valores  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  pueden ser de esta forma representativas de las variaciones del clima y de la composición de la dieta durante el tiempo de formación y mineralización del diente (Fricke y O'Neil, 1996, Khon et al., 1998, Balasse, 2003).

#### 2.3.4.2.1.3.2. Determinación de las relaciones isotópicas a partir del colágeno del tejido óseo

##### 2.3.4.2.1.3.2.1. Collagen turnover

A nivel de representación temporal, los valores obtenidos del colágeno son representativos del último proceso de formación y renovación de los aminoácidos que conforman el colágeno. En el caso concreto de los macromamíferos, tiene lugar cada 8 y 10 años (Ambrose y Norr, 1993). El estudio de la renovación del colágeno (*collagen turnover*) en los organismos vivos se ve limitado debido a la dificultad de realización de experimentos *in vivo*. Las estimaciones realizadas sobre la renovación del colágeno óseo a partir de material arqueológico se han realizado en individuos de menos de un año edad (Hobson y Clark, 1992) y en individuos de hasta 10 años de edad (van Klinken, 1991; Hedges et al., 2007). Según los trabajos de Waterlow (2006) la tasa de renovación del colágeno varía dentro del mismo hueso y según la edad del individuo. El colágeno de un hueso inmaduro (procolágeno) se degrada en cuestión de horas, mientras que el colágeno de un hueso maduro casi no muestra renovación (Waterlow, 2006; Ross y Pawlina, 2007). La tasa promedia de renovación de colágeno óseo para todos los huesos depende de la relación entre individuos maduros e inmaduros, etapa de vida y el nivel de estrés (Waterlow, 2006). La disposición de las fibras de colágeno en la matriz varía dependiendo del estado de madurez en el que se encuentre el tejido óseo. Mientras que

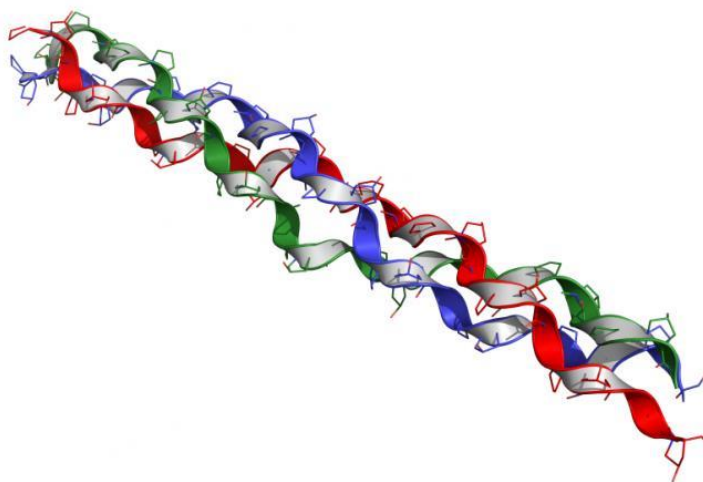
el hueso inmaduro (típico de las primeras etapas de desarrollo y de huesos sometidos a remodelación ósea) presenta una disposición entretejida y desorganizada de las fibras, en el hueso maduro (forma principal en adultos) éstas se encuentran dispuestas de una forma ordenada (Ross y Pawlina, 2007). A nivel más concreto, son varios los estudios que han demostrado que las tasas de renovación del colágeno son más altas (1.0 por año) en huesos infantiles o con pocos años de vida (Rivera, 1965; Szulc et al., 2000). A partir de los estudios de Tsutaya y Yoneda (2013) la tasa de renovación del colágeno para individuos en edad adulta se estimó en 13% por año entre los 19/20 años de edad. Esta tasa sería más alta que la de 10.4% propuesta por Stenhouse y Baxter (1979) durante la edad adulta (el tipo de hueso muestreado no se indica); también supera a las de Hedges et al. (2006), los cuales proponen a partir del fémur de mujeres y hombres unas tasas de renovación de 9,7% y 4,1%, respectivamente, para individuos de 20 años de edad. Estas tasas son más altas en huesos con mayor superficie (volumen), y menores en huesos más pequeños (Tsutaya y Yoneda, 2013). En conclusión, la renovación del colágeno en el esqueleto en crecimiento (infantil y subadulto) es más rápido que en los adultos: en torno a un 10-30% anual en el hueso cortical en adolescentes (Hedges et al., 2007). Aún es más rápido a edades más tempranas: cuanto más joven es el individuo, más rápida es la tasa de renovación del colágeno.

#### **2.3.4.2.1.3.2.2. Características y determinación de los isótopos estables a partir del colágeno óseo**

El componente principal de la fracción orgánica es el colágeno, constituyendo el 90%. El resto de componentes orgánicos son proteínas y lípidos. Por otro lado, la fracción inorgánica está constituida fundamentalmente por hidroxiapatita  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , un depósito de fosfato cálcico en forma cristalina, además de carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ) (Dvlin, 2004). Esta matriz mineral le confiere al hueso su dureza y permite su durabilidad en el tiempo aunque deje de ser un tejido vivo, protegiendo a su vez de la degradación a la fracción orgánica.

El colágeno óseo se compone del tropocolágeno, molécula cuya estructura es una triple hélice conformada por dos cadenas polipeptídicas  $\alpha$ -1, y una cadena  $\alpha$ -2, que difieren ligeramente en cuanto a su composición y secuencia aminoacídica. El peso molecular del tropocolágeno es de algo más de 300KDa, correspondiendo 100KDa aproximadamente a cada cadena (Talwar y Srivastava, 2003). El colágeno se compone de 19 aminoácidos diferentes: 9 esenciales de captación exclusiva en el aporte de proteínas de la dieta y 10 no esenciales con la capacidad de sintetizar y reformarse de nuevo con el carbono procedente de los carbohidratos y lípidos

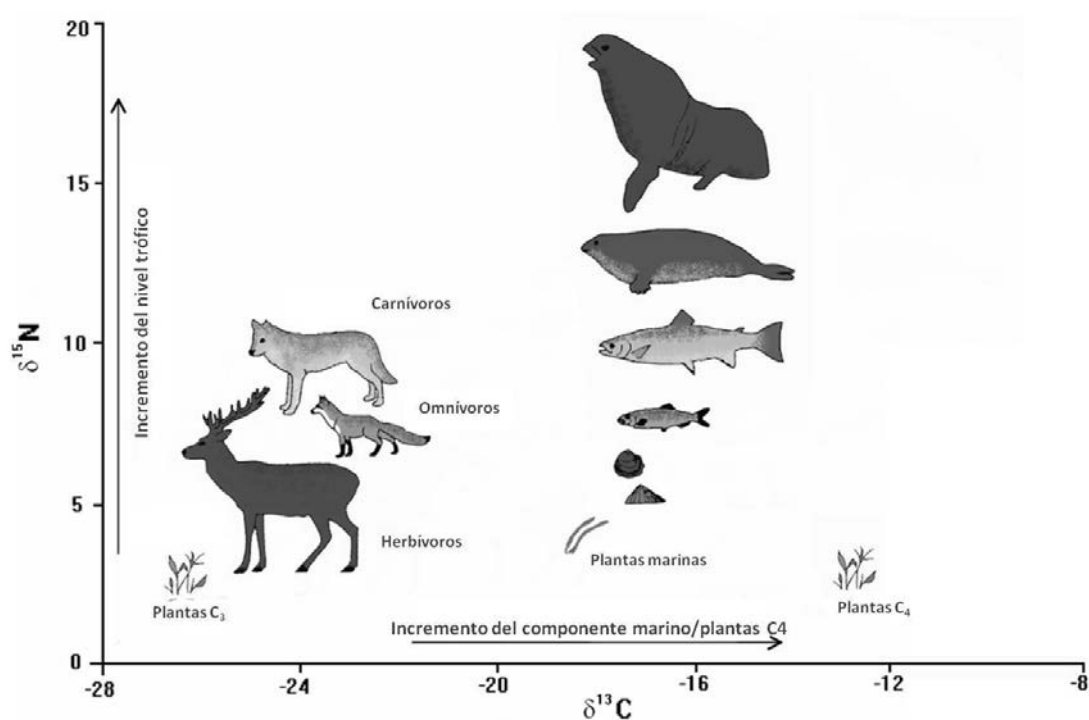
(Devlin, 2004). Por otra parte, el tejido óseo se clasifica en función de la organización estructural que presente como compacto (una capa densa y compacta de tejido óseo) o esponjoso (una malla de aspecto esponjoso). La diferencia entre ambos tipos de organización es la densidad del tejido óseo y la variabilidad de la cantidad de colágenos (Ross y Pawlina, 2007) (Figura 2.22).



**Figura 2.24.** Molécula Tropocollagen: tres pro-collagens zurdos (rojo, verde, azul) se unen para formar un tropocollagen helicoidal triple derecho.

El colágeno es el componente proteico más importante del tejido óseo y la proteína que más resultados positivos ofrece para el análisis de los valores de isótopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ , representativos principalmente de la composición de las proteínas de la dieta de los individuos analizados durante un período de tiempo relativamente largo (por ejemplo, 5 a 15 años dependiendo de la edad: Hedges y Reynard, 2007). La información dietética derivada de los valores de colágeno  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  está generalmente sesgada hacia la fracción proteica en la dieta (Ambrose y Norr, 1993; Schwarcz y Schoeninger, 1991, Sealy, 2001). En las dietas con cantidades inadecuadas de proteínas para la síntesis de tejidos, los isótopos de carbono también pueden provenir de otros macronutrientes, como los lípidos y los carbohidratos (Ambrose y Norr, 1993). Éstos provienen, a su vez, de ecosistemas terrestres, marinos y estuarios (Bocherens et al. 1991, 1995), y difieren entre las plantas con diferentes vías fotosintéticas (plantas  $\text{C}_3$  y  $\text{C}_4$ ) (O'Leary, 1988), proporcionando así un medio para discriminar entre macronutrientes de fuentes isotópicas distintas en la dieta obtenidos exclusivamente a partir de proteínas dietéticas (Figura 2.23).





**Figura 2.25.** Representación de la cadena trófica de los ecosistemas terrestre y marino (re-dibujado de Schulting, 1998).

La preservación de colágeno en el resto óseo depende de las condiciones ambientales y sedimentológicas, del grado de descomposición, de lixiviación y de factores diagenéticos (Balzer et al., 1997). El deterioro químico del colágeno representa una pérdida gradual de la materia y un aumento de la porosidad ósea debido a la despolimerización del colágeno y a la pérdida química de los compuestos orgánicos de bajo peso molecular. El colágeno presenta, una vez avanzado el proceso de fosilización, una tendencia general de preservación en el tejido óseo de solo un 10% del original.

#### **2.3.4.2.1.3.2.3. Interpretación de los isótopos en ecología y arqueología (*linear mixing line, Bayesian mixing model*)**

Los análisis de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  a partir del colágeno óseo han sido ampliamente utilizados en arqueología para la reconstrucción de la dieta, tanto humanas (Schoeninger et al., 1983; Ambrose y DeNiro, 1986; Ambrose y Norr, 1993; Müldner y Richards, 2007; Salazar-Domingo et al., 2013; Colonese et al., 2014, 2015; Fontanals-Coll et al., 2015, 2016) como animales (Minagawa et al., 2005; Müldner y Richards, 2005; Pechenkina et al., 2005; Fuller et al., 2012; Hamilton y Thomas, 2012; Madgwick et al., 2012; Hammond y O'Connor, 2013; Halley y Rosvold, 2014; Balasse et al., 2015, 2016). Por otro lado, numerosas aproximaciones desde la

biología y ecología han incidido en el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno para el estudio de procesos metabólicos relacionados con la utilización de la energía en la actividad física de los animales (Prieto et al., 2001); el estudio de la estimación de la dieta de cada especie; y su posición trófica en ecosistemas marinos (Clarke et al., 2005; Varela, 2013), fluviales (Muñoz et al., 2009) y terrestres (Kupfer et al., 2006). Es necesario llevar a cabo una breve revisión crítica de la interpretación de los valores isotópicos de carbono y nitrógeno en relación a los modelos de tratamiento de los datos y distribución según el incremento proteico en la ingesta de alimentos y su posición en la cadena trófica.

En ecología, el concepto de cadena trófica describe un intercambio entre la materia (flujos dentro de la cadena trófica) y los diferentes componentes de un ecosistema (Ovelen et al., 2010). La teoría ecológica tiene como objetivo explicar las diversas propiedades de la cadena trófica como el nivel trófico de los animales omnívoros (no se restringen a un solo nivel trófico), la longitud de la cadena trófica, la conectividad y el número de especies basales, intermedias y superiores (Williams y Martínez, 2000). Cabe destacar que las representaciones de las cadenas tróficas son representaciones limitadas de ecosistemas reales, éstos agregan muchas especies en grupos funcionales que tienen los mismos depredadores/presas. El estudio de la cadena trófica se ha centrado, básicamente, en la tipología de las redes tróficas, es decir, en las interacciones de cada nivel trófico marcado como ausente o presente (Prim et al., 1991). Actualmente, este punto de vista es insuficiente ya que se debe tener en cuenta los diferentes *proxies* dietéticos, es decir, las señales químicas, isotópicas o elementales medidas en los diferentes tejidos analizables, incluyendo componentes como los aminoácidos o los ácidos grasos, todos ellos componentes de los diferentes grupos de alimentos (DeNiro y Epstein, 1976, 1981; van der Merwe y Vogel, 1983; Burton y Price, 1990). Por tanto, es necesario desarrollar métodos sistemáticos y estandarizados para interpretar las cadenas tróficas de forma cuantificadas. Los trabajos de Hunt et al., (1987) y Woodward et al., (2005) han tratado esta problemática, de este modo, establecen que el principal problema de la reconstrucción de la cadena trófica se reduce a encontrar el conjunto de valores de flujo de la materia más probable, a partir de un enfoque subjetivo y expresado en un solo elemento (carbono o nitrógeno). Para estos autores, la reconstrucción de la cadena trófica no tendría una solución única, ni un solo patrón de flujo de la materia.

Para estudiar la dinámica de la cadena trófica en ecología se utilizan modelos cuantitativos que permiten establecer patrones generalizados (propiedades no aleatorias en la estructura topográfica, patrones comunes, nivel de riqueza de las especies en el ecosistema) en la estructura de ésta. Cualquier método de reconstrucción de la dieta tiene por objetivo

cuantificar las contribuciones de mezcla o flujo desconocidos basados en señales químicas medidas en tejidos o componentes del consumidor y en los grupos de alimentos potenciales (Warinner y Tuross, 2010). La señal *proxy* dietética no necesariamente reflejará la señal masiva de los grupos de alimentos, sino más bien la de fracciones de grupos de alimentos específicos (por ejemplo, macronutrientes, aminoácidos, ácidos grasos) (DeNiro y Epstein, 1976, 1981; van der Merwe y Vogel, 1983; Burton y Price, 1990).

Para representar la dinámica de la cadena trófica se utilizan modelos simplificados o lineales de una posición (productor, carnívoro, descomponedor) donde el control de las poblaciones consumidas vendría impuesto por los depredadores (Hairston, 1993), aunque no toda la población puede ser consumida; este sería el denominado “modelo arriba/abajo en contra del modelo abajo/arriba” (Polis et al., 1996). Las conexiones en una cadena trófica implican relaciones tróficas directas entre especies. Sin embargo, también hay efectos indirectos que pueden alterar la abundancia, distribución o biomasa de los niveles tróficos.

Uno de los modelos cuantitativos utilizados en el estudio de la dinámica de la cadena trófica son los modelos de mezcla (*mixing models*). Éstos se han utilizado para inferir en la contribución relativa de las fuentes de alimento, principalmente cuando se estudian organismos que tienen una o más fuentes de alimento (Jardine et al., 2003; Smith et al., 2013; Phillips et al., 2014). Se parte de la hipótesis de que todas las presas pueden ser potencialmente ingeridas y asimiladas en la biomasa del depredador y evalúan la proporción de presas con diferente señal isotópica en la dieta total (el promedio del consumidor representa la sumatoria de las señales de todas las presas consumidas). Para estimar la contribución de cada tipo de alimento en la dieta del depredador, el análisis requiere de valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de todas las presas (Phillips, 2003; Phillips y Gregg, 2003). Los resultados obtenidos mediante el modelo de mezcla se interpretan como un índice de asimilación potencial de alimento (Ben-David y Schell, 2001). La contribución de cada una de las presas está inversamente relacionada a la distancia entre la señal de la presa y la señal del depredador. Siguiendo los trabajos de Phillips (2001, 2006, 2012, 2014) los modelos de mezcla permiten estimar las distribuciones de probabilidad de las poblaciones de origen (variabilidad isotópica, factores de discriminación, varianza, covariables y concentración de dependencia). Dentro de los modelos de mezcla, los modelos de mezcla lineales utilizan rangos de valores isotópicos para determinar rangos de contribuciones de las fuentes alimenticias (Evrard et al., 2010, 2012). Sin embargo, éstos sólo son aplicables en sistemas exactamente determinados (donde el número de grupos de alimentos es el mismo que el número de *proxies* dietéticos), mientras que en muchos contextos de investigación no se produce este hecho (Phillips, 2001).

Por otra parte, otro de los modelos cuantitativos utilizados es el modelo bayesiano. Éste permite hacer una estimación del consumo de múltiples fuentes de alimento, a la vez que incorpora la variación e incertidumbre asociadas a las fracciones de grupos de alimentos específicos (por ejemplo, macronutrientes, aminoácidos, ácidos grasos) (Moore y Semmens, 2008; Parnell et al., 2010). El modelo bayesiano simula los valores probables de la proporción de las fuentes tróficas que integran los tejidos del depredador consistentes con los datos isotópicos, basándose en la interpretación de la probabilidad asociada a una hipótesis. El enfoque bayesiano introduce una distribución *a priori* que posibilita calcular la distribución de probabilidad para que un modelo propuesto pueda ajustarse cada vez mejor (Sheldon, 1997; Rodríguez-Caballero, 2010). Aunque el modelo bayesiano, al igual que el frecuentista, asume que únicamente los eventos susceptibles de ser repetidos tienen probabilidad de suceder, en el bayesiano la probabilidad describe incertidumbre, en un sentido amplio del término. Un evento puede ser incierto por el hecho de ser intrínsecamente impredecible, es decir, por estar sujeto a la variabilidad aleatoria (Sheldon, 1997). Por tanto, su uso requiere obtener estimaciones razonables de la composición isotópica y variabilidad de las principales fuentes de alimentos (presas), así como del cambio esperado en la proporción isotópica entre la dieta y los tejidos del consumidor (factor enriquecimiento trófico). También es posible la estimación de las proporciones de consumo de los principales recursos tróficos a nivel individual con el objetivo de calcular, por ejemplo, la diversidad trófica de cada individuo, o su grado de especialización trófica en el contexto de la población (Bolnick et al., 2012). Estas aproximaciones a partir de modelos de mezcla bayesianos reducen la incertidumbre e incorporan variaciones en los valores y la discriminación isotópica. No obstante, según los trabajos de Bond y Diamond (2011), dichos modelos son muy sensibles a pequeñas variaciones en los factores de discriminación. En este sentido, estos autores proponen realizar ensayos experimentales para poder determinar todos los factores con la mayor exactitud posible. Por otra parte, Francis et al. (2011) presenta la modificación en el modelo de mezcla bayesiana para poder representar los valores en la dieta de los individuos en grados continuos (individuos omnívoros). Pese a ello, otra limitación de estos estudios es que dan por hecho que todos los consumidores tienen una dieta similar y, por consiguiente, el modelo asume que los errores se distribuyen de forma normal. Trabajos recientes han resaltado la importancia de los mecanismos de enrutamiento dietético, considerando el macronutriente en la dieta de enrutamiento, expresado a través de una contribución de peso de fracción, para proporcionar más precisas estimaciones dietéticas (Fernandes et al., 2012).

Los modelos cuantitativos utilizados en el estudio de la dinámica de la cadena trófica

incorporan numerosas variables con el objetivo de interpretar correctamente la posición de los individuos dentro de los niveles tróficos correspondientes a su ecosistema. Aun así, es conveniente destacar que los valores isotópicos estarán condicionados por la influencia de los factores fisiológicos de los propios individuos, de la tasa de regeneración de colágeno óseo, así como de factores externos (climáticos, geológicos y geográficos).

## CAPÍTULO 3

### **Animales domésticos y ganadería en el Noreste Peninsular durante el Neolítico (5700-2500 cal ANE)**

#### **3.1. Introducción**

Los análisis y resultados del presente trabajo corresponden a un área geográfica y a un intervalo temporal netamente delimitados: el noreste de la península ibérica entre el 5700 y el 2500 cal ANE. En esta área de estudio, la identificación cronológica del Neolítico no es anterior al ca. 5600 cal ANE, fecha a partir de la cual se documenta una mayor frecuencia de contextos arqueológicos, permitiendo definir este momento histórico (Barceló, 2008). Así pues, la evidencia arqueológica parece confirmar la presunción de que la Península Ibérica fue el último lugar del Mediterráneo en adoptar la agricultura y ganadería (Binder y Maggi 2001; Zilhao 2001; Bernabeu 2002, 2009, 2012; Gkiasta *et al.* 2003; Zapata *et al.* 2004; Davison *et al.* 2007). En el noreste peninsular, el Neolítico ha sido descrito y clasificado en tres fases a partir de la cultura material: Neolítico antiguo (cardial 5.400-5.000 cal. ANE/ epicardial 5.000-4.400 cal. ANE), Neolítico medio (molinot/montboló 4.400-3.600 cal. ANE/ sepulcros de fossa 4.000-3.300 cal. ANE) y Neolítico final (veraza 3.200-2.200 cal. ANE) (Barceló, 2008).

Se resalta a lo largo de este capítulo la importancia del estudio de los restos de fauna recuperados en yacimientos arqueológicos peninsulares para entender las estrategias económicas desarrolladas por las primeras comunidades neolíticas en el noreste de la Península Ibérica. Se presenta un análisis de los principales cambios en la dinámica de explotación y gestión de los recursos animales en el noreste peninsular durante el ca. 5700-2500 cal ANE. En primer lugar, se ha caracterizado a nivel geográfico y ambiental el área de estudio con el objetivo de comprender las características medioambientales que influyeron en la introducción y domesticación de las primeras especies animales domésticas. Se expone a continuación la representatividad de las especies domésticas en los yacimientos arqueológicos y se caracterizan las estrategias de gestión de los animales domésticos durante el Neolítico en el noreste peninsular. Seguidamente, se presentan los patrones de ocupación y explotación del territorio y su relación con la gestión de los recursos animales. Finalmente, y con el objetivo de caracterizar las primeras prácticas ganaderas en el noreste de la Península Ibérica se presentan los artículos "*Producción y consumo cárnico a inicios del Neolítico: animales domésticos en el poblado de la Draga (Banyoles), (5300-5000 cal BC)*" y "*Gestió ramadera al pla de Barcelona durant la prehistòria*".

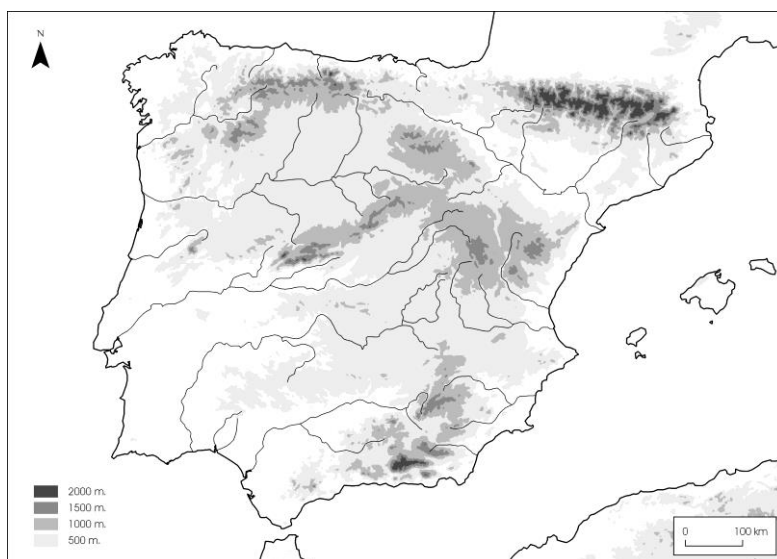
Antes de proceder a una síntesis de la investigación del Neolítico en el noreste peninsular es necesario señalar las limitaciones que complican el entendimiento de este momento histórico en la antedicha área geográfica. En primer lugar, se trata de un territorio en donde los yacimientos asignados a cronologías neolíticas se han excavado de manera desigual, con conjuntos en la mayoría de los casos poco representativos. El resultado es, evidentemente, una distribución desigual por el territorio. Así pues, y a la hora de plantear interpretaciones, es importante tener cuenta que, aunque en algunos casos sea consecuencia de la mala preservación de los restos o de la escasez de restos faunísticos, esta representación diferencial de los datos zooarqueológicos es fundamentalmente el reflejo de la historia de la investigación y de los lugares donde se ha realizado un mayor número de excavaciones.

Sin obviar en ningún momento este aspecto, a continuación, se presenta un análisis de los principales cambios en la dinámica de explotación y gestión de los recursos animales, prestando un especial interés a los cambios vinculados a las transformaciones en las estrategias de subsistencia.

### **3.2. Características físicas y ambientales del área de estudio**

El noreste de la Península Ibérica se caracteriza por ser un área con altas montañas en el norte (Pirineos y pre-Pirineos), llanuras en el interior y una larga zona de costa. Se encuentra en la zona templada del hemisferio norte, caracterizada por las diversas influencias climáticas dependiendo de la altitud, topografía y situación de la Península (influencias del Mar Mediterráneo, de la Europa Atlántica y de las zonas continentales). Se han documentado cinco unidades geomorfológicas caracterizadas cada una de ellas por una orografía y clima diferente (Folch, 1990). La zona de los Pirineos y pre-Pirineos, caracterizada por un clima alpino, subalpino y submediterráneo dependiendo de la altitud, la zona pre-Litoral y Litoral caracterizada por un clima mediterráneo, y la Depresión Central (situada entre la zona pre-Litoral y los pre-Pirineos) caracterizada por un clima continental (Figura 3.1). Las precipitaciones son muy irregulares en todo el noreste peninsular, siendo elevadas en las zonas de montaña y zonas más cercanas a la costa, y más bajas en las zonas llanas. A nivel hidrográfico, el río más importante en la zona oeste es el Ebro, que desemboca en el Mar Mediterráneo. Su afluente más importante es el Segre, el cual recoge las aguas del río Noguera Ribagorçana y Noguera Pallaresa; ambos nacen en los Pirineos con caudales regulares. En la zona este los ríos más importantes son los que nacen en los Pirineos con un caudal más regular, como el Llobregat, el Ter, el Fluvià y la Muga; y los que nacen en las sierras litorales con un caudal más irregular y que pueden llegar a secarse en los momentos más cálidos del año, como la Tordera, el Besós, el Gaia y el Francolí. El río Ebro por el sur, el Llobregat por el

este y el Segre por el oeste cruzan la Depresión Central. Así pues, la vegetación actual de la zona de estudio está caracterizada por la orografía y el clima, y se puede enmarcar dentro de tres regiones biogeográficas: la región mediterránea, caracterizada por un paisaje dominado por las encinas, carrascas y vegetación arbustiva; la región eurosiberiana, caracterizada por una vegetación adaptada a condiciones húmedas y templadas, destacando el dominio de bosques caducifolios (robleales y hayedos) y bosques de pino rojo; y finalmente la región boreoalpina, caracterizada por bosques de pino negro y abetos (Olcina y Mendoza, 2001).



**Figura 3.1.** Localización de la Península Ibérica.

Con lo que respecta al presente trabajo, la reconstrucción de la vegetación a partir de los análisis polínicos y antracológicos durante el intervalo temporal 5700-2400 cal ANE muestran que en el norte de la franja septentrional del noreste peninsular predominarían los bosques caducifolios, caracterizados por los robleales y taxones propios de bosques de ribera (Burjachs, 2000; Pèlachs et al., 2007; Cunill et al., 2012). Se ha documentado que a partir del Sub-boreal la presencia de roble disminuiría y aumentaría el boj y el pino debido a los cambios climáticos y a los efectos de la actividad antrópica sobre el paisaje. A partir del 7000 BP se registra un periodo de mayor aridez por la disminución de precipitaciones y por la actividad humana (Buxó y Piqué, 2008; Revelles et al., 2016). La vegetación termo-mediterránea está bien representada en parte de la región meridional. Los estudios realizados en cova de Can Sadurní, Minas de Gavà o Barranc d'en Fabra revelan la presencia mayoritaria de taxones esclerófilos, con dominio de la encina y el acebuche y arbustos propios de encinar y maquia (Riera, 1994; Piqué, 2006; Antolín, 2015). Un factor determinante de la ocupación neolítica del llano de Barcelona es su proximidad al mar. Cabe destacar que durante este período se produjo un ascenso del mar y la aproximación del litoral hacia el llano barcelonés (Riera et al.,



2016). El conjunto de datos paleoambientales disponible permite caracterizar la zona del llano de Barcelona con unas condiciones climáticas húmedas, favoreciendo la extensión de humedales de agua dulce y el predominio de formaciones boscosas submediterráneas húmedas, con el predominio de robles y avellanos (Riera et al., 2014).

### **3.3. Domesticación animal en el noreste de la Península Ibérica**

La presencia de los primeros animales domésticos se documenta en la Península Ibérica ca. 5400 cal ANE. Aunque tradicionalmente se atribuye un origen oriental a las principales especies domésticas (*Ovis aries*, *Capra hircus*, *Bos taurus* y *Sus domesticus*), publicaciones recientes remarcan la posibilidad de una domesticación autóctona para el caso de los bóvidos (Wright y SViner-Daniels, 2014) y suidos (Larson et al., 2005, 2015). Para la Península Ibérica existe consenso en cuanto a la procedencia foránea de los agrotipos de ovicápridos domésticos (*Ovis aries* y *Capra hircus*), pero la existencia de agrotipos silvestres de las especies *Sus* y *Bos* dificulta la separación de la forma doméstica y silvestre en contextos neolíticos. El papel activo que podrían haber tenido las poblaciones salvajes en el proceso de domesticación animal podría ser precisamente una de las causas de la variabilidad interna que presentan las poblaciones de algunas especies de animales domésticos a inicios del Neolítico (Rowley et al., 2012; Evin et al., 2014, 2015, 2016). Para el caso de los suidos, se observa a inicios del Neolítico una gran variabilidad en su gestión, con la práctica de caza intensiva sobre las poblaciones de jabalí en algunos yacimientos en cueva ubicados en el norte peninsular (Mariezkurrena & Altuna, 1990; Altuna, 1972, 1980); la explotación simultánea equilibrada de las dos especies (*Sus scrofa* y *Sus domesticus*) (Hadjikoumis, 2011) y la ganadería bien sistematizada del recurso doméstico (Saña, 2011, 2014). En el primer caso, por ejemplo, en los yacimientos de Zatoya (5743-4590 cal ANE) situado en Navarra, o Marizulo (5214-4718 cal ANE) situado en Guipuzkoa, se registra una caza intensiva del jabalí (*Sus scrofa*), siendo muy minoritaria la presencia de restos de animales domésticos en ambos yacimientos (Mariezkurrena y Altuna, 1990; Altuna, 1972, 1980, respectivamente). En el yacimiento neolítico de Cueva de Chaves (5740-5490 cal ANE) situado en Aragón, los patrones de matanza que se documentan para los suidos son típicos de una explotación ganadera, si bien la talla registrada para los ejemplares representados no corresponde a la atribuida a la forma doméstica (Castaños, 2004). Se ha propuesto en base a estos datos que pueda tratarse de un caso de cría mixta, con hibridación entre la especie silvestre y la doméstica.

Para el área geográfica que nos ocupa, el noreste peninsular, se ha documentado en todos los yacimientos del neolítico antiguo la presencia de la forma doméstica explotada de manera sistemática para la producción cárnica a partir de una estrategia centrada en la matanza de los

animales al final de la etapa de crecimiento, característica que permite hablar a favor de un estrecho control de la especie criada bajo condiciones artificiales.

En relación a los bovinos, otras de las especies para las que se ha propuesto la posibilidad de que a inicios del Holoceno se asistiera a su domesticación con carácter local, son también varias actualmente las hipótesis planteadas sobre posibles escenarios de domesticación (Larson et al., 2013). A partir de los análisis de ADN-mt (ADN mitocondrial) se han documentado cuatro variantes geográficas o haplotipos genéticos en *Bos taurus*: T, T1, T2 y T3. Todos ellos representados en el Próximo Oriente (Achilli et al., 2009; Miretti et al., 2002; Edwards et al., 2010; Lira, 2010). El haplotipo T es originario del Próximo Oriente y su presencia en el resto de continentes derivaría del proceso de neolitización. En Europa domina la variante T3 (Cymbron et al. 1999; Beja-Pereyra et al. 2006; Bollongino et al. 2006), aunque se ha documentado el haplotipo P en las islas británicas (Magee, 2006, Troy et al., 2001; Lira, 2010). En el yacimiento de Mendandía (6331-6001 cal ANE), situado en Treviño (Aragón), donde los restos de uro representan el 15% del total de restos faunísticos recuperados, estudios de ADN llevados a cabo recientemente detectan la presencia del haplotipo T correspondiente a la especie doméstica en los niveles mesolíticos (Alday et al., 2012). Este trabajo ha abierto todo un debate en torno a los criterios que se utilizan para la diferenciación entre la especie doméstica de la silvestre, así como a las posibilidades de que en contextos de sociedades cazadora y recolectoras se pudo asistir ya a la domesticación o adopción de la forma doméstica. La explotación de *Bos primigenius* se ha documentado durante el Neolítico Inicial en casi toda la península (con frecuencias no superiores al 5%), aunque las evidencias son más comunes en el norte peninsular y el Valle del Ebro, en yacimientos como Mendandía, Zatoya y Herriko Barra donde se documenta la presencia exclusiva de uro (Saña, 2013). Para el resto de yacimientos, la explotación de la forma salvaje y la doméstica fue simultánea, dominando siempre numéricamente los restos de *Bos taurus*. La explotación de *Bos taurus* en el Neolítico Inicial no presenta un patrón uniforme. En el norte las frecuencias varían entre 0,5% y 14%, noreste entre el 2% y 7%, en el Levante es más uniforme y no supera el 25%, mientras que en el sur varían entre 0,2% y 6% (Saña, 2013).

En lo que respecta a la zona de estudio que ocupa este trabajo, en el yacimiento de La Draga están representadas la especie doméstica y la silvestre (Saña, 2000; Navarrete y Saña, 2013). Si comparamos las medidas osteométricas de los restos de bovinos recuperados en la Draga con las poblaciones de *Bos primigenius* y de *Bos taurus* recuperados en otros contextos arqueológicos peninsulares, destaca, de manera análoga a los suidos, su gran variabilidad. No

puede descartarse por tanto para los bovinos y los suidos las posibilidades de domesticación autóctona.

### **3.4. Adopción de animales domésticos y prácticas ganaderas iniciales en la Península Ibérica (5700-4500 cal ANE)**

A inicios del Neolítico se documenta en la mayoría de yacimientos de la Península Ibérica, a excepción de los yacimientos de la cornisa cantábrica y del país vasco, el predominio de las cuatro principales especies domésticas (oveja, cabra, buey y cerdo). A nivel general, se ha propuesto para los momentos iniciales del Neolítico el dominio de la oveja y la cabra frente a bovinos y suidos (Saña, 1998, 2013; Altuna, 2001; Castaños, 2004). En la fachada mediterránea serían los ovinos los que predominarían respecto a los caprinos (Pérez-Ripoll, 1980). Durante el Neolítico medio se documenta el aumento significativo de los bovinos y los suidos respecto a los ovicápridos. Del mismo modo, con la introducción de las especies domésticas en la península la caza disminuye, aunque la explotación de los recursos silvestres se dio de forma complementaria y simultánea a la explotación de los recursos domésticos. Durante el Neolítico medio, se hace patente esta continua disminución de la importancia cuantitativa de los recursos salvajes, registrándose no obstante la presencia de restos de jabalí, ciervo y corzo en la mayoría de los yacimientos estudiados. Las frecuencias relativas de representación de los animales domésticos en los yacimientos peninsulares superan el 70% (Saña, 2013), siendo los yacimientos situados en el norte peninsular una excepción. En el yacimiento de Los Husos (Altuna, 1980) los domesticados representan un 37,8% del total, mientras que en el yacimiento de Arenaza (*ibid*) éstos representan el 21% del total de la fauna recuperada. Esta tendencia llega a su máximo en los yacimientos de Marizulo (Altuna, 1972) y Herriko Barra (Mariezkurrena y Altuna, 1995) donde la fauna silvestre representa el 99% sobre el total de fauna recuperada. Las especies salvajes representadas en los conjuntos faunísticos de los yacimientos del norte peninsular son principalmente ciervo y corzo, seguidas por jabalí. Entre los yacimientos neolíticos situados en el Valle del Ebro se documenta una variabilidad significativa en la representación de las especies animales. Algunos yacimientos como Chaves (Castaños, 2004) muestran un equilibrio en las proporciones entre animales silvestres y domésticos, suponiendo estos últimos el 62% del total, con el predominio de los ovicápridos (en concreto, los ovinos). En el yacimiento de La Renke (Altuna, 2001) los bóvidos representan el 97% del total de la fauna doméstica. En el Levante peninsular, se ha documentado una dicotomía entre los yacimientos con dominio de animales domésticos y los yacimientos donde los recursos silvestres tienen unos porcentajes de representación más elevados. El dominio de los animales domésticos, y en concreto de los ovicápridos, se observa en yacimientos como

cova de l'Or (Pérez-Ripoll, 1977) y cova de la Sarsa (Pérez-Ripoll, 1977), donde la proporción de restos de ovinos es relativamente más alta que la de caprinos. En el yacimiento de cova de les Cendres (Iborra y Martínez, 2009) el predominio entre las especies silvestres (55% del total) y domésticas (44% del total) es relativamente equitativa. El conejo es en estos casos la especie salvaje más representada. Por el contrario, en el yacimiento de cova de les Bruixes (Mesado, 2005), las especies domésticas, básicamente buey y en menor medida oveja, alcanzan el 32,85% del total de los restos faunísticos analizados. Los animales silvestres están representados por el ciervo y la cabra montesa. En el sur y centro de la Península Ibérica son pocos los yacimientos neolíticos excavados, aun así, se observa la existencia de una dicotomía entre yacimientos, dominando en la mayoría de ellos las especies silvestres (conejo, cabra montesa y ciervo representan entre el 64 y 94% del total) sobre las especies domésticas, mientras que en el resto de yacimientos dominan los ovicápridos (entre 60 y 69% del total) (Saña, 2013).

En el noreste peninsular, se observa una dinámica diferente a la documentada para el norte Peninsular con una mayor representación de las especies domésticas en la mayoría de los conjuntos faunísticos (más del 90% del total). En el yacimiento de La Draga (Saña, 2011; Navarrete y Saña, 2014) y Serra de Mas Bonet (Saña, inédito) más del 97% del total de restos faunísticos corresponden a animales domésticos. En yacimientos en cueva como cova del Frare (Estévez, 1981; Navarrete y Saña, inédito) y Can Sadurní (Saña et al., 2015), las especies domésticas tienen una representación de cerca del 90% sobre el total de los restos analizados. Entre las especies silvestres documentadas destaca el ciervo, el corzo y el jabalí. Cabe destacar que en yacimientos como Bauma de Serrat del Pont (Alcalde et al., 2002) la representación de las especies silvestres alcanza el 25% del total, representadas principalmente por el jabalí y el ciervo. Los yacimientos de Guixeres de Vilobí (Miró, 1992) y Pujole de Moja (Miró, 1992) destacan por la elevada presencia de restos de conejo (en torno al 25% del total de fauna recuperada). En el llano de Barcelona, la ganadería de bovinos y suidos constituye una actividad significativamente relevante durante el Neolítico Antiguo. Aun así, se observan dinámicas diferentes en la gestión de las especies domésticas en términos de producción alimentaria (explotación y uso con diferentes finalidades) entre los yacimientos analizados. En el yacimiento de Reina Amàlia (Saña y Navarrete, 2016), la cría de bovinos constituye la actividad central, mientras que en Caserna de Sant Pau del Camp (Colominas et al., 2008) y Conservatori de Liceu (Bordas et al., 2013) los ovicápridos tendrían una mayor importancia relativa sin representar porcentajes elevados. Pese a la importancia de la ganadería en esta zona, no se excluye, con frecuencias de representación bajas, la caza. Se documenta la caza de jabalí, cabra salvaje, ciervo, corzo y conejo; entre los pequeños carnívoros se documenta tejón

y zorro (Saña y Navarrete, 2016). En el yacimiento de Reina Amàlia, por ejemplo, se ha analizado el papel de la actividad ganadera durante el intervalo temporal 4700-4300 cal ANE. Se documentan leves oscilaciones en la representación de los ovicápridos durante este intervalo si bien no serían el resultado de modificaciones en la estrategia ganadera implementada, sino de la funcionalidad de cada uno de los contextos analizados (Navarrete y Saña, inédito; Saña y Navarrete, 2016).

Aunque son pocos los yacimientos peninsulares documentados y excavados que presentan cronologías entre el 4500-2500 cal ANE (Neolítico Medio), y en concreto en el noreste, a nivel general se documenta un cambio hacia una importancia mayor de los recursos domésticos en la práctica totalidad de los asentamientos. No obstante, y aunque en menor proporción, también se documentan actividades cinegéticas. En general, se detecta una creciente importancia de los cerdos y bovinos en comparación con los ovicápridos (Saña, 1998, 2013).

A modo de conclusión, se observa una variabilidad significativa en la representación de las especies animales durante el Neolítico (5700-2500 cal ANE) que sería resultado de las diferentes estrategias de gestión de los animales domésticos implementadas en las diversas áreas peninsulares. Mientras que en yacimientos situados en el noreste y levante peninsular se documenta la práctica de modalidades destinadas a la cría y explotación de los recursos domésticos, en yacimientos situados al norte se evidencian estrategias más diversas con la explotación simultánea y equilibrada de recursos silvestres o, por el contrario, únicamente la práctica de actividades de caza y recolección. Para la zona de estudio que ocupa este trabajo, se documenta una mayor representación de las especies domésticas casi en la totalidad de los conjuntos faunísticos, característica que evidenciaría el control sobre las estrategias ganaderas ya en los primeros momentos del Neolítico. Aunque se documentan diferencias entre territorios se registra en general una adopción rápida y no siempre gradual de las especies domésticas. El trabajo de Saña (2013) realizado para la Península Ibérica muestra que cada territorio presenta dinámicas complejas y no lineales en la coexistencia de estrategias de subsistencia diferentes en el Neolítico antiguo. Por ejemplo, las primeras fechas de domesticación animal se situarían ca. 5500-5000 cal ANE para la zona sur y oeste de la Península Ibérica, ca. 5600-5500 para la zona Mediterránea y ca. 5000 cal ANE para la zona del interior de la Península (Saña, 2013). Cabe destacar, que se documentan fechas más tardías para la zona norte, donde se documentan las primeras evidencias de domesticación ca. 4500 cal ANE (Altuna y Mariezcurrena 2009).

### 3.5. Gestión y producción ganadera a escala territorial

La neolitización del área más occidental del Mediterráneo supuso un cambio significativo en las estrategias de asentamiento. La documentación de la existencia de diversos patrones de ocupación del territorio se ha vinculado por parte de algunos autores a la complementariedad productiva. Algunos de los modelos propuestos al respecto (Bosch, 1991; Martín, 1992; Ribé, 1993, 1999; Molist et al., 2003; García-Atienázar, 2007) plantean la existencia de una dicotomía entre asentamientos en cueva o abrigo, por un lado, y asentamientos al aire libre, por el otro, relacionando estos últimos con un uso más diversificado que los primeros, mientras que las finalidades atribuidas a las ocupaciones en cueva o abrigo serían mucho más específicas. Estas diferencias se vienen explicando comúnmente en términos económicos, otorgando a las ocupaciones en cueva o abrigo un carácter eminentemente estacional vinculado al desarrollo de actividades concretas en el marco del ciclo ganadero anual (por ejemplo, la alimentación de los rebaños y el refugio durante la reproducción) o al aprovisionamiento de recursos silvestres. De manera concreta, los modelos de poblamiento propuestos para el noreste peninsular relativos al Neolítico (Bosch et al., 1991, 1994 para el Neolítico antiguo del noreste catalán; Ribé 1993, 1999 para el Neolítico antiguo y medio en la región del Penedés; Pizarro et al., 2013 para el Pleistoceno superior y Holoceno en el Prepirineo Oriental; y Utrilla, 1996 para el Valle del Ebro) dan cuenta de la práctica de una economía ganadera mixta que precisamente sería la que jerarquizaría las relaciones entre los diferentes tipos de yacimientos, atribuyendo a yacimientos como cova de la Guineu (Morales et al., 2013), cova del Frare (Martín, 2011) o cova 120 (Bosch et al., 1991) usos relacionados con la trashumancia estacional, estabulación temporal, explotación cinegética del medio estacional o almacenaje de productos agrícolas. Se documentan, no obstante, diferencias importantes entre el área más montañosa y el área litoral, con un dominio relativo en esta última de los asentamientos al aire libre frente a las ocupaciones en cueva o abrigo (Bosch et al., 1991; Utrilla, 1996; Ribé, 1999).

El estudio pormenorizado de algunos valles que cuentan con prospecciones intensivas, así como la excavación de un número importante de yacimientos (Alcalde et al., 1991; Oms et al., 2009; Martínez-Moreno et al., 2011; Mora et al., 2011; Pizarro et al., 2013), ha permitido trazar minuciosamente estas relaciones de complementariedad, estructuradas a partir del papel central de los poblados permanentes de mayores dimensiones. Desde dichos puntos se articularían el conjunto de actividades vinculadas a la subsistencia que implican desplazamientos con carácter estacional de un sector o grupo de la comunidad, ya sea con una parte del ganado doméstico o no. De esta forma, la estrategia económica practicada por estas comunidades solo podría establecerse estudiando de manera integrada la totalidad de

asentamientos. Una de las mayores dificultades con las que nos enfrentamos es determinar el intervalo de tiempo durante el cual han sido ocupados o utilizados los abrigos y cuevas. Si bien se ha acostumbrado a caracterizar estas ocupaciones como estacionales, en consonancia al tipo y duración de las actividades productivas realizadas a lo largo de las mismas (Gourichon, 2004), son limitadas las posibilidades de trabajar con una mayor resolución temporal debido a la propia naturaleza del registro arqueológico representativo de estancias relativamente cortas en un mismo lugar. Debemos preguntarnos, en este sentido, si el uso fue realmente estacional y, en cada caso, cuáles podrían ser los factores que condujeron a la realización de estas ocupaciones por parte de las comunidades neolíticas en áreas donde los poblados al aire libre están bien documentados y en los cuales han quedado representadas la práctica totalidad de procesos de trabajo relacionados con los ciclos agrícolas y ganaderos. Los factores a los que se recurre habitualmente para explicar el uso estacional reiterado de las cuevas o abrigos — disponibilidad de recursos silvestres, adquisición de materias primas, explotación forestal o de pastos para el ganado— no serían pues suficientes (Gourichon, 2004).

Adoptando como base la gestión ganadera, se ha analizado dentro del marco de esta tesis doctoral la correlación entre las estrategias de explotación animal y el tipo de asentamiento<sup>1</sup>. Helmer et al. (2005), Blaise (2010), Blaise et al. (2010) han trabajado con intensidad el área vecina de Languedoc y la Provenza francesa desde esta perspectiva, registrando una explotación anual complementaria de las cuatro principales especies productoras de alimento a inicios del Neolítico en los asentamientos al aire libre frente a una explotación estacional circunscrita principalmente a ovejas y cabras en los asentamientos en cueva. En términos de gestión ganadera, las variables analizadas en estos estudios son básicamente los patrones de matanza de las especies domésticas. Con el presente trabajo se pretende ampliar las correlaciones que pueden establecerse entre gestión ganadera y pautas de asentamiento durante el Neolítico en el noreste peninsular integrando al análisis los patrones de reproducción animal y las pautas de consumo de alimentos de origen animal. El estudio integrado de la producción, reproducción y explotación animal, así como del consumo humano, permitirá inferir si algunos de los procesos de trabajo implicados en la gestión ganadera condicionaron de manera recurrente durante este intervalo temporal la organización territorial y pautas de asentamiento o bien la situación inversa, si fueron estas últimas las condicionantes.

---

<sup>1</sup> Estos resultados se han presentado en el congreso *Archeometrie* celebrado en Besançon (Francia) los días 27-30 de abril de 2015, con la comunicación "*Territories and Livestock management in the northeast of the Iberian Peninsula during the early Neolithic: complementarities and specialization between settlements*" Vanessa Navarrete, Maria Saña (Laboratori d'Arqueozoologia, Universitat Autònoma de Barcelona).

Con el objetivo de evaluar el papel que la gestión ganadera —en concreto los procesos de trabajo vinculados a la producción animal, la reproducción de los rebaños y obtención de recursos para el consumo— ha tenido en la organización territorial y en las pautas de asentamiento en las primeras comunidades agrícolas del noreste peninsular, el análisis se ha circunscrito a los yacimientos correspondientes al Neolítico antiguo (ca. 5500-4500 cal ANE) del noreste peninsular teniendo en cuenta si se trata de cuevas, abrigos o poblados al aire libre y las características de su localización. El muestreo ha considerado la condición de los conjuntos faunísticos recuperados en cada uno de los yacimientos, incluyendo solo aquellos que disponen de muestras suficientemente representativas de la problemática analizada, y excluyendo los contextos funerarios. El análisis arqueozoológico ha consistido en el estudio detallado de los yacimientos al aire libre de La Draga (Banyoles, Girona) (NR = 12697)<sup>2</sup>, Reina Amàlia (Barcelona) (NR = 2307), Caserna de Sant Pau (Barcelona) (NR = 948), Plansallosa (Tortellà, Girona) (NR = 394) y Serra de Mas Bonet (Vilafant, Girona) (NR = 333); y de los asentamientos en cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona) (NR= 766) y cova del Frare (Matadepera, Barcelona) (NR= 1509) (ver Apéndice I).

Los resultados obtenidos evidencian como la gestión ganadera en el noreste peninsular durante el Neolítico Inicial (5500-4500 cal ANE) se caracteriza por la práctica de una ganadería mixta centrada en la cría de las cuatro principales especies domésticas (*Bos taurus*, *Sus domesticus*, *Ovis aries* y *Capra hircus*) tanto en asentamientos en aire libre como en cueva. Se observa de manera generalizada el predominio de especies domésticas, oscilando en los yacimientos en aire libre entre el 99,5% y el 96%, mientras que en los yacimientos en cueva los porcentajes de representación son relativamente más bajos (del 71,8% al 67,7%). La importancia numérica de restos de ovicápridos presenta una media del 90% en los yacimientos en cueva y del 60% en los asentamientos en aire libre, en contraposición a bóvidos (20% en cueva y 50% en asentamientos en aire libre) y suidos (20% en cueva y 30% en asentamientos en aire libre). Estos datos ponen en relieve la importancia económica de los ovicápridos a principios del Neolítico Antiguo en el noreste peninsular (Tabla 3.1).

---

<sup>2</sup> NR = número de restos



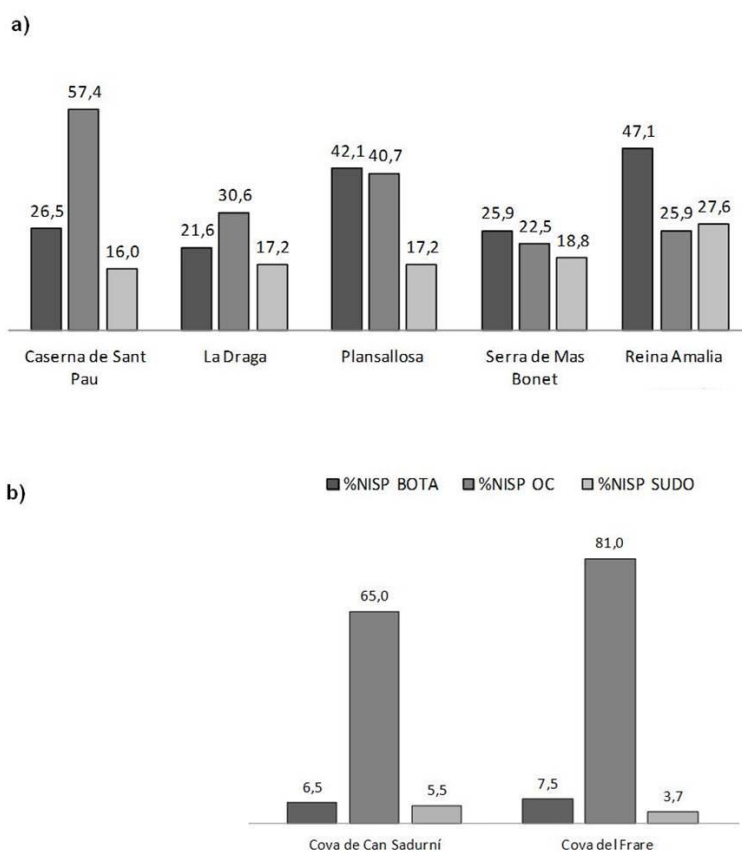
Yacimientos en Cueva Taxon	Can Sadurní		cova del Frare	
	NR	%	NR	%
<i>Bos taurus</i>	50	6,5	112	7,4
<i>Sus domesticus</i>	42	5,5	56	3,7
<i>Ovis aries</i>	439	57,3	749	49,6
<i>Capra hircus</i>	21	2,7	238	15,8
<i>Ovis/Capra</i>	38	5,0	236	15,6
<i>Canis familiaris</i>	1	0,1	3	0,2
<b>Tt. Animales Domésticos</b>	<b>591</b>	<b>77,2</b>	<b>1394</b>	<b>92,4</b>
<i>Bos primigenius</i>	0	0,0	0	0,0
<i>Bos sp.</i>	0	0,0	0	0,0
<i>Rupicapra rupicapra</i>	0	0,0	0	0,0
<i>Capra pirenaica</i>	0	0,0	1	0,1
<i>Cervus elephus</i>	9	1,2	3	0,2
<i>Capreolus capreolus</i>	7	0,9	4	0,3
<i>Sus scrofa</i>	6	0,8	0	0,0
<i>Sus sp.</i>	0	0,0	0	0,0
<i>Equus caballus</i>	0	0,0	0	0,0
<i>Vulpes vulpes</i>	4	0,5	0	0,0
<i>Meles meles</i>	3	0,4	0	0,0
<i>Martes sp.</i>	0	0,0	0	0,0
<i>Felis sylvestris</i>	0	0,0	2	0,1
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	146	19,1	104	6,9
<i>Erinaceus sp.</i>	0	0,0	1	0,1
<b>Tt. Animales silvestres</b>	<b>175</b>	<b>22,8</b>	<b>115</b>	<b>7,6</b>
<b>Tt.</b>	<b>766</b>	<b>100,0</b>	<b>1509</b>	<b>100,0</b>
Referencia	Saña et al., 2015		Navarrete y Saña, inédito	

**Tabla 3.1.** Distribución de las frecuencias de representación taxonómica (NR y %NR) por cada yacimiento estudiado.

Yacimientos Aire Libre Taxon	La Draga		Caserna de Sant Pau		Plansallosa		Serra de Mas Bonet		Reina Amalia	
	NISP	%	NISP	%	NISP	%	NISP	%	NISP	%
<i>Bos taurus</i>	595	6,5	37	3,9	0	0,0	9	2,7	69	3,0
<i>Sus domesticus</i>	519	5,6	47	5,0	0	0,0	3	0,9	78	3,4
<i>Ovis aries</i>	2800	30,4	410	43,2	178	45,2	61	18,3	430	18,9
<i>Capra hircus</i>	2822	30,6	329	34,7	184	46,7	84	25,2	1052	46,3
<i>Ovis/Capra</i>	2064	22,4	91	9,6	0	0,0	61	18,3	620	27,3
<i>Canis familiaris</i>	47	0,5	0	0,0	1	0,3	106	31,8	0	0,0
<b>Tt. Animales domésticos</b>	<b>8847</b>	<b>96,0</b>	<b>914</b>	<b>96,4</b>	<b>363</b>	<b>92,1</b>	<b>324</b>	<b>97,3</b>	<b>2249</b>	<b>98,9</b>
<i>Bos primigenius</i>	56	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Bos sp.</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Rupicapra rupicapra</i>	0	0,0	0	0,0	2	0,5	0	0,0	0	0,0
<i>Capra pyrenaica</i>	32	0,3	4	0,4	0	0,0	0	0,0	10	0,4
<i>Cervus elephus</i>	38	0,4	4	0,4	25	6,3	3	0,9	5	0,2
<i>Capreolus capreolus</i>	47	0,5	1	0,1	4	1,0	0	0,0	0	0,0
<i>Sus scrofa</i>	156	1,7	18	1,9	0	0,0	0	0,0	7	0,3
<i>Sus sp.</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Equus caballus</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Vulpes vulpes</i>	11	0,1	5	0,5	0	0,0	0	0,0	2	0,1
<i>Meles meles</i>	5	0,1	1	0,1	0	0,0	0	0,0	1	0,0
<i>Martes sp.</i>	12	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Felis sylvestris</i>	4	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	5	0,1	1	0,1	0	0,0	6	1,8	0	0,0
<i>Erinaceus sp.</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<b>Tt. Animales silvestres</b>	<b>366</b>	<b>4,0</b>	<b>34</b>	<b>3,6</b>	<b>31</b>	<b>7,9</b>	<b>9</b>	<b>2,7</b>	<b>25</b>	<b>1,1</b>
<b>Tt.</b>	<b>9213</b>	<b>100,0</b>	<b>948</b>	<b>100,0</b>	<b>394</b>	<b>100,0</b>	<b>333</b>	<b>100,0</b>	<b>2274</b>	<b>100,0</b>
Referencia	Saña 2015; Navarrete y Saña, 2013		Colominas et al., 2008		Saña, 1998		Saña, inédito		Navarrete y Saña, inédito	

Tabla 3.1. Continuación.

De manera más concreta, en los asentamientos en cueva de cova del Frare, Can Sadurní se documenta un mayor porcentaje de ovicápridos; mientras que, en los asentamientos en aire libre como Reina Amalia, Serra de Mas Bonet o Plansallosa, son los bóvidos los que presentan porcentajes de representación más elevados (del 80% al 42% del total). Cabe destacar que los ovicápridos presentan frecuencias de representación relativamente altas (entre 82,4% y 24% del total) en ambos tipos de asentamientos (Figura 3.2).



**Figura 3.2.** Histograma con el %NR de las especies domésticas (SUDO: *Sus domesticus*; BOTA: *Bos taurus*; OC: *Ovis/Capra*) y el tipo de asentamiento (a) yacimientos al aire libre; b) yacimientos en cueva).

La importancia numérica de los ovicápridos durante el Neolítico antiguo se ha relacionado con el tipo de asentamiento. En este sentido, su importancia mayor en cuevas y abrigos se ha vinculado a la práctica de estrategias móviles sobre el territorio, probablemente aprovechando la fácil adaptación de la alimentación de estos animales en contextos de bosques mediterráneos, alimentándose tanto pastos como sotobosque (Rojo et al., 2013; Tornero et al., 2017). Por contra, la elevada presencia de bóvidos en los yacimientos en aire libre se ha

relacionado en algunas ocasiones a las prácticas agrícolas. Un ejemplo de la utilización de los bóvidos para tareas agrícolas se ha documentado en el yacimiento de La Draga (Antolín, 2013; Antolín et al., 2014). En este yacimiento se ha documentado la práctica de una estrategia agrícola intensiva centrada en el trabajo de pequeñas parcelas con el objetivo de sacar mayor rendimiento de los cultivos (Antolín, 2013). Este modelo agrícola también se ha propuesto para el área del Levante peninsular (Pérez-Jordà y Peña-Chocarro, 2013), así como en Europa Central y el sudeste europeo (Halstead, 2000; Bogaard, 2004). Este sistema agrícola intensivo habría implicado una estrecha integración entre ganadería y agricultura, en el sentido de que los subproductos o parte del producto del trabajo agrícola podría haber sido destinado a la alimentación del ganado, el cual a su vez habría proporcionado abono para fertilizar estas pequeñas parcelas de terreno agrícola (Bogaard, 2005; Antolín et al., 2014). Pese a que la práctica agrícola habría exigido una mayor permanencia sobre el territorio, debido al carácter anual de los cultivos ya desde las primeras etapas del Neolítico, en el caso de la ganadería no se pueden excluir estrategias móviles de seguimiento de los rebaños o el establecimiento de ocupaciones puntuales en torno a los campos de cultivo (Antolín, 2013; Pérez-Jordà y Peña-Chocarro, 2013; Antolín et al., 2014).

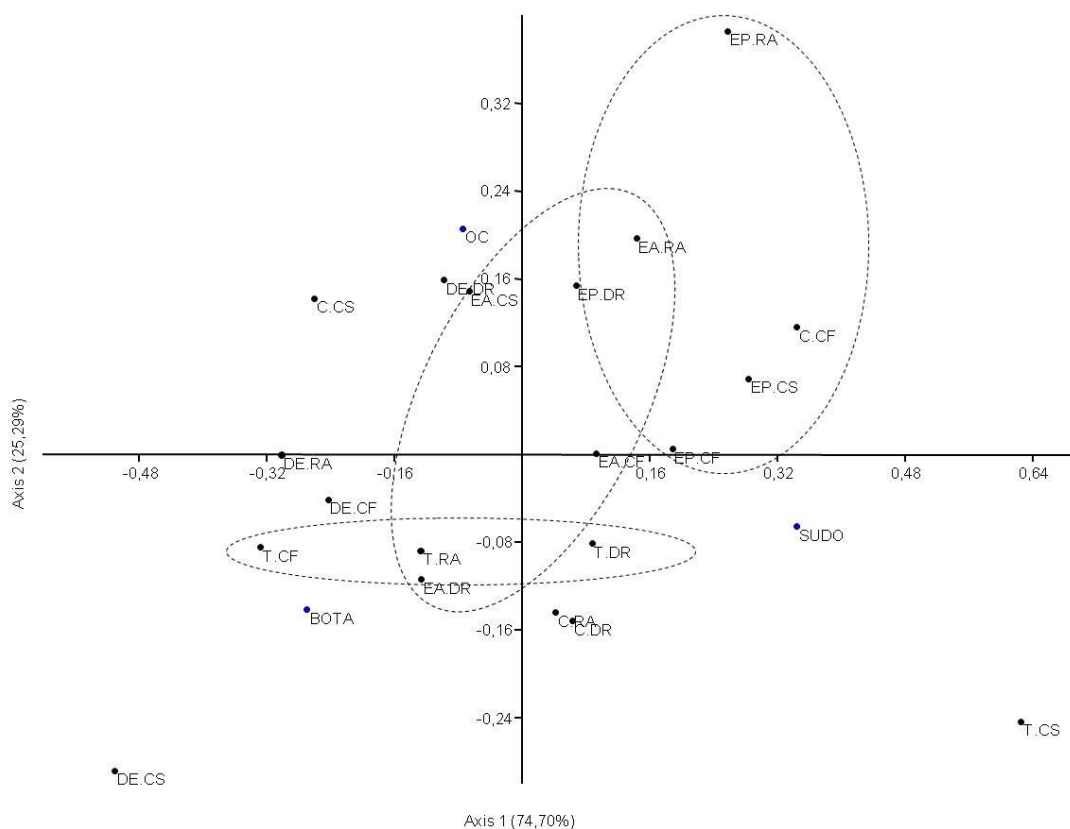
Si en vez de evaluar la importancia de los ovicápridos a partir del número de restos (NR) se lleva a cabo esta evaluación tomando como unidad de comparación la biomasa potencialmente suministrada por animal, se observa como la importancia numérica de ovicápridos disminuye de manera relativa frente a la de las otras especies domésticas. Teniendo en cuenta esta consideración, proponer un patrón generalizado centrado en la explotación mayoritaria de los ovicápridos a partir del NR en ambos tipos de asentamiento puede resultar sesgado. Otra posibilidad analítica para evaluar si en los distintos tipos de asentamientos las pautas de explotación animal eran similares o no es realizar el análisis comparativo teniendo en cuenta la variabilidad esquelética registrada para cada especie animal. En este caso, para el examen de la variabilidad esquelética se ha tenido en cuenta los diferentes elementos esqueléticos, así como el porcentaje relativo de representación de las partes anatómicas representadas para cada especie. Se ha diferenciado entre la cabeza (cráneo y mandíbula), el tronco (vértebras y costillas), la extremidad anterior (escápula, húmero, radio y ulna), la extremidad posterior (pelvis, fémur, rotula, tibia y fíbula) y la extremidad distal (metápodos, carpos, tarsos y falanges). Los resultados obtenidos a partir de

la clasificación anatómica de los restos de fauna para cada especie doméstica identificada según tipo de yacimiento no presentan dinámicas diferenciales entre asentamientos en aire libre y en cueva. Los resultados obtenidos a partir de correlacionar estas variables de manera integrada mediante el análisis de correspondencias muestran la presencia significativa de restos esqueléticos de la extremidad posterior y la extremidad anterior en ambos tipos de asentamientos (Figura 3.3). De hecho, este resultado es esperable dado que la variabilidad esquelética documentada, ya sea en yacimientos en aire libre o en cueva, es la derivada del aprovechamiento alimentario, pues es la que nos queda representada directamente en el registro arqueológico. Por lo tanto, aunque las estrategias de gestión y uso animal en ambos tipos de yacimiento pudieron ser en algunas ocasiones distintas, este parámetro no es representativo en este caso.

De manera complementaria, y continuando con el objetivo de evaluar si existen o no diferentes modelos de explotación según el tipo de yacimiento, se ha analizado el patrón de matanza por cada especie doméstica en relación al tipo de yacimiento (aire libre o cueva). Para el establecimiento del perfil de matanza de cada especie doméstica se ha evaluado la edad de muerte de cada individuo, del mismo modo que el sexo. Teniendo en cuenta los modelos teóricos propuestos por varios investigadores en esta línea (Vigne, 1988; Helmer, 1992; Vigne y Helmer, 1999, 2007; Helmer y Vigne, 2004) y los resultados obtenidos, se documenta una correlación negativa entre las producciones dominantes y el tipo de asentamiento (Figura 3.4).

Se documenta la explotación diversificada (cárnica y láctea) de las cuatro principales especies domésticas tanto en yacimientos en aire libre como en los yacimientos en cueva. En los dos casos se evidencia la matanza de individuos en su óptimo cárnico (Tabla 3.2). La producción láctea está documentada en yacimientos al aire libre (La Draga: Saña, 2011) y en cueva (Can Sadurní: Saña et al., 2015). Los resultados obtenidos a partir del análisis biométrico del cuarto molar mandibular deciduo (Gourichon, 2004) de los restos dentarios de ovejas y cabras recuperados en el asentamiento en aire libre de la Draga (a partir de la variabilidad de la medida HVM, longitud vestibular del esmalte del lóbulo medio de la cuarta molar decidua inferior) muestran la existencia de dos grupos de edad de ovicápridos menores de 22-24 meses de vida. El primer grupo corresponde a la matanza de individuos entre 2-4 meses de vida y el segundo entre 12-18 meses de vida. El primero podría relacionarse con la explotación

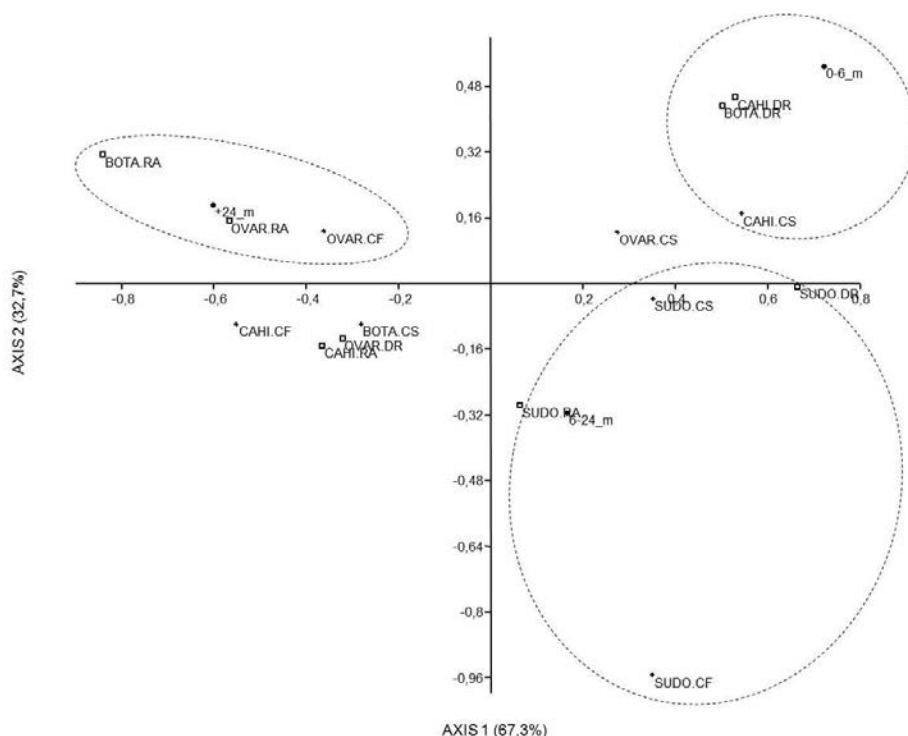
láctea (Vigne y Helmer, 2007; Healstead 1998) y el segundo con la explotación cárnica (Vigne y Helmer, 2007).



**Figura 3.3.** Resultados del análisis de correspondencia entre las frecuencias esqueléticas representadas (%NR) de las especies domésticas (*Sus domesticus*, *Bos taurus*, ovicaprinos) y los diferentes yacimientos analizados. (BOTA: *Bos taurus*; SUDO: *Sus domesticus*; CAHI: *Capra hircus*; OVAR: *Ovis aries*; C: cabeza; T: tronco; EA: extremidad anterior; EP: extremidad posterior; ED: extremidad distal; RA: Reina Amalia; CF: cova del Frare; DR: La Draga; CS: Can Sadurní).

En el yacimiento en cueva de Can Sadurní se evidencia también la presencia de dos grupos de edad diferenciados para los ovicapridos a lo largo del Neolítico (Saña, 2014). Durante el Neolítico cardial y epicardial ovejas y cabras se sacrifican entre los 3 y 10 meses de edad, y durante el Neolítico postcardial entre los 19 y 21 meses de edad. En este último caso la presencia de molares deciduos podría estar relacionada con el reemplazo del cuarto premolar deciduo por el cuarto premolar permanente entre los 20-22 meses (Silver, 1969) y no necesariamente con el consumo de estos individuos. Los resultados obtenidos a partir de los perfiles de edad mostrarían por tanto un cambio en el uso efectuado de la cueva de Can Sadurní a lo largo del Neolítico. Durante el Neolítico cardial/epicardial ésta fue ocupada de

forma temporal y durante el postcardial durante intervalos más largos de tiempo, pudiéndose tratar de un lugar de estabulación (Saña, 2014). Contrastan la hipótesis de explotación láctea en momentos del Neolítico Inicial los resultados obtenidos del análisis de residuos de lípidos en restos cerámicos, indicativos de la presencia de residuos de productos lácteos procedentes de animales rumiantes (Castells, 2010; Saña 2014; Spiteri et al., 2016). La matanza de individuos infantiles y juveniles durante el ciclo anual en el yacimiento en cueva de Can Sadurní no presenta una dinámica diferencial entre ovejas y cabras. Desde un punto de vista económico, la cría conjunta de cabras y ovejas es complementaria y altamente productiva (Martín et al., 2009) ya que estas dos especies animales presentan una gran capacidad de adaptación a los pastos mediterráneos y una gran capacidad productiva.



**Figura 3.4.** Resultados del análisis de correspondencia entre las distintas edades de sacrificio de cada especie doméstica y el tipo de asentamiento (BOTA: *Bos taurus*; SUDO: *Sus domesticus*; CAHI: *Capra hircus*; OVAR: *Ovis aries*; RA: Reina Amalia; CF: Cova del Frare; DR: La Draga; CS: Can Sadurní).

En el caso de los bóvidos, en el yacimiento de la Draga, a partir de los estudios de Gillis et al. (2014) se evidencian también dos picos de mortalidad entre los individuos correspondientes al intervalo de edad que abarca de 0 a 7 meses de vida. Un primer momento de 0 a 1 meses de vida y un segundo momento de matanza entre 4 y 5 meses de vida. Estos resultados han sido

interpretados como mortalidad infantil en el caso de los individuos entre 0 y 1 meses, y los individuos sacrificados entre 4 y 5 meses de edad como matanza post-lactancia.

<b><i>Bos taurus</i></b>	<b>0-6 m</b>	<b>6-24 m</b>	<b>2-4 a</b>	<b>4-6,5 a</b>	<b>6,5-9 a</b>	<b>9-11,5 a</b>	<b>&gt; 11,5 a</b>
<b>La Draga</b>	41,7	37,5	12,5	8,3	0,0	0,0	0,0
<b>Reina Amalia</b>	3,8	20,0	74,3	1,9	0,0	0,0	0,0
<b>Can Sadurní</b>	7,0	49,0	20,0	7,0	10,0	7,0	0,0
<b>cova del Frare</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b><i>Sus domesticus</i></b>	<b>1-6 m</b>	<b>6-12 m</b>	<b>1-2 a</b>	<b>2-5 a</b>	<b>&gt; 5 a</b>		
<b>La Draga</b>	33,9	28,8	32,2	5,1	0,0		
<b>Reina Amalia</b>	10,5	16,8	47,4	25,3	0,0		
<b>Can Sadurní</b>	25,0	31,0	26,0	18,0	0,0		
<b>cova del Frare</b>	0,0	10,0	90,0	0,0	0,0		
<b><i>Ovis aries</i></b>	<b>0-2 m</b>	<b>2-6 m</b>	<b>6-12 m</b>	<b>1-2 a</b>	<b>2-4 a</b>	<b>4-6 a</b>	<b>&gt; 6 a</b>
<b>La Draga</b>	0,0	5,0	10,0	40,0	15,0	25,0	0,0
<b>Reina Amalia</b>	6,5	0,0	9,7	22,6	58,1	3,2	0,0
<b>Can Sadurní</b>	10,0	18,0	23,0	26,0	9,0	13,0	3,0
<b>cova del Frare</b>	3,7	7,4	14,8	22,2	51,9	0,0	0,0
<b><i>Capra hircus</i></b>	<b>0-2 m</b>	<b>2-6 m</b>	<b>6-12 m</b>	<b>1-2 a</b>	<b>2-4 a</b>	<b>4-6 a</b>	<b>&gt; 6 a</b>
<b>La Draga</b>	15,0	28,0	32,0	5,0	5,0	15,0	0,0
<b>Reina Amalia</b>	1,7	1,7	8,6	41,4	46,6	0,0	0,0
<b>Can Sadurní</b>	19,0	17,0	14,0	37,0	9,0	5,0	0,0
<b>cova del Frare</b>	0,0	0,0	5,6	38,9	50,0	5,6	0,0

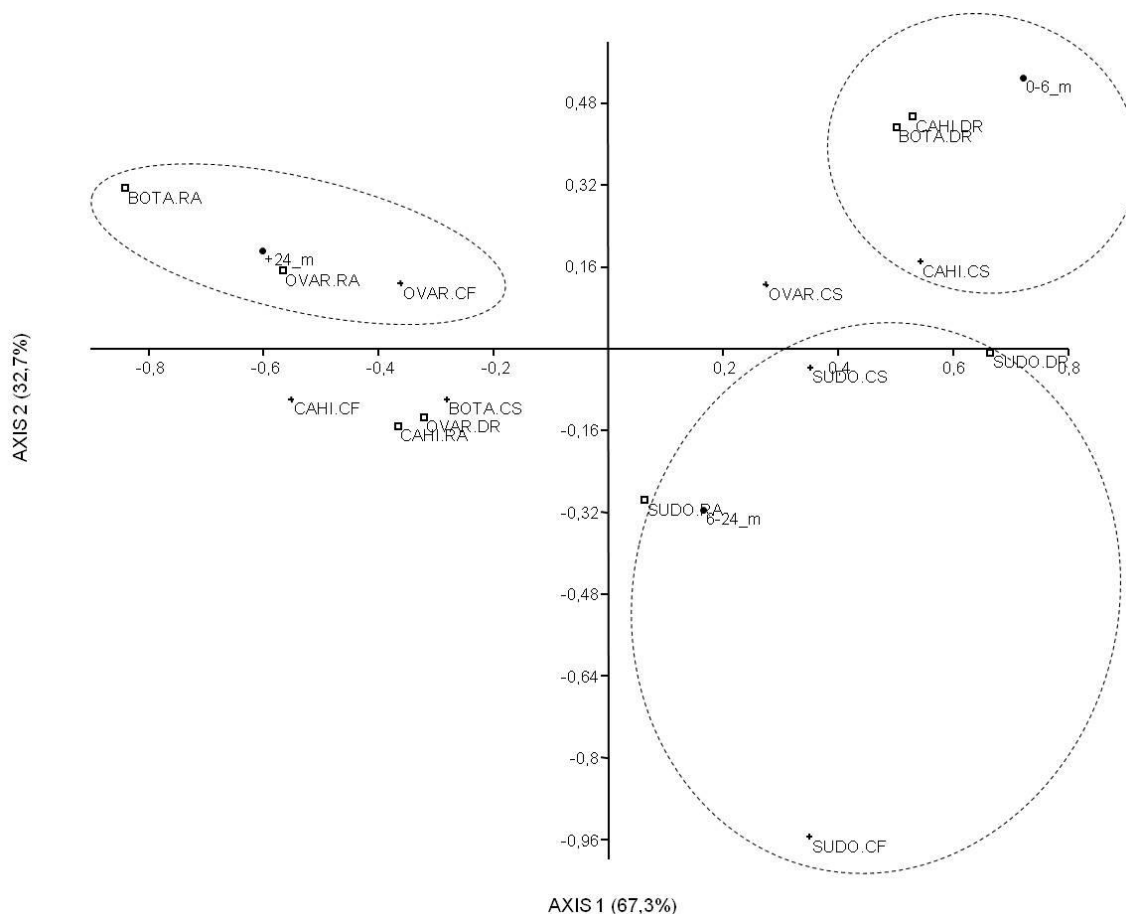
**Tabla 3.2.** Distribución de las frecuencias relativas de edad en meses (m) y años (a) de matanza para las especies domésticas (*Bos taurus*, *Sus domesticus*, *Ovis aries*, *Capra hircus*) en cada yacimiento analizado.

Se ha realizado también en este caso un estudio estadístico integrado basado en las correlaciones entre los intervalos de edad representados para cada especie animal y el tipo de yacimiento utilizando los análisis de correspondencias. Los resultados obtenidos (Figura 3.5) muestran la explotación diversificada de las especies domesticas en ambos tipos de asentamiento y, por tanto, no puede establecerse a priori una relación generalizada y directa entre el tipo de producción ganadera implementado y tipo de asentamiento (aire libre o cueva) durante el Neolítico Inicial.

La cría de las diversas especies domésticas, al igual que los diferentes tipos de explotación animal requieren de una inversión de trabajo y de una organización social compleja durante el ciclo anual por parte de las sociedades neolíticas. Un ejemplo de ello es la combinación de la actividad ganadera y agrícola para mantener una estabilidad en base a un



equilibrio/complementariedad entre la gestión de los productos (ganaderos y agrícolas) y su mantenimiento, distribución y consumo (e.g. la alimentación de los rebaños a partir de forraje). Otro aspecto a destacar es que el espacio destinado a estas actividades no se limita a un lugar concreto, sino que podría ocupar un territorio más amplio en relación al tamaño de los rebaños y su régimen de manutención (estabulación, semilibertad, trashumancia). Una posibilidad en esta línea es el uso de cuevas redil para la protección de las crías durante el parto y los primeros meses de vida (Badal, 1999; Vergès et al., 2008).



**Figura 3.5.** Resultados del análisis de correlación entre las distintas edades de matanza de cada especie doméstica y el tipo de asentamiento (BOTA: *Bos taurus*; SUDO: *Sus domesticus*; CAHL: *Capra hircus*; OVAR: *Ovis aries*; RA: Reina Amalia; CF: cova del Frare; DR: La Draga; CS: Can Sadurní).

Con el objetivo de documentar si los yacimientos analizados se han utilizado como lugar de cría se ha evaluado el grado de representación en la mismos de restos de fauna correspondientes a ejemplares neonatos y, en caso afirmativo, las conexiones anatómicas y remontajes entre los restos de estos ejemplares para así establecer su grado de integridad Los

resultados obtenidos a partir de este análisis muestran que no se da una correspondencia entre la representación de animales neonatos y el tipo de asentamiento. Durante este intervalo temporal se documenta la mortalidad de individuos neonatos de las cuatro especies domésticas analizadas (*Bos taurus*, *Sus domesticus*, *Capra hircus* y *Ovis aries*) en los yacimientos al aire libre de la Draga (20% del total de restos recuperados) y Reina Amalia (15% del total de restos recuperados). La recuperación de restos esqueléticos de individuos neonatos en conexión anatómica concentrados en determinadas áreas en el yacimiento de la Draga (Antolín et al., 2014) ha permitido analizar en detalle el uso de determinados espacios del asentamiento para la cría del ganado. A partir de los restos esqueléticos de individuos neonatos de *Sus domesticus* en conexión anatómica (33,9% del total, NR=131) ha sido posible el remontaje de 5 individuos fetales (0-3 semanas de vida) y 10 individuos infantiles de menos de 4 meses de vida representados principalmente por las extremidades. Para *Bos taurus* (41,67% del total, NR=263) se han individualizado un total de 3 individuos en conexión anatómica de 0-3 semanas de vida y 6 individuos en conexión anatómica de 1-6 meses de vida representados todos ellos por las extremidades. Del mismo modo, la evidencia de diversos tipos de esporas de hongos coprófilos (p.e *Sordaria*, *Cercophora*, *Apiosordaria verruculosa*, *Rhytidospora*, *Podospora*) y algunos parásitos de origen animal (*Trichuris sp.*) constatan la presencia de animales en el interior del yacimiento (Maicher et al., 2017).

En los yacimientos en cueva se documenta también este tipo de mortalidad para las cuatro especies domésticas en el yacimiento de Can Sadurní. En este caso algunos ejemplares de corta edad de *Ovis aries* (28% del total) y *Capra hircus* (36% del total) están documentados principalmente a partir de restos dentarios deciduos (30% del total). Cova del Frare presenta en cambio una dinámica diferencial, documentándose únicamente restos de individuos infantiles de *Ovis aries*. A partir de estos datos se observa como la cría de las especies domésticas queda evidenciada en el yacimiento en aire libre de La Draga y en el yacimiento en cueva de Can Sadurní durante el Neolítico Inicial. Cabe destacar que las evidencias arqueológicas trabajadas provienen de dos yacimientos con una representación y conservación de los restos óptima. De este modo, el hecho de documentar la mortalidad de individuos neonatos e infantiles de las cuatro principales especies domésticas en ambos tipos de asentamiento (cueva y aire libre) permite plantear la hipótesis de que no todos los yacimientos en cueva fueran utilizados con el fin de cría.

Son varias las hipótesis y modelos explicativos propuestos entorno a las relaciones establecidas entre los asentamientos en aire libre y en cueva durante el Neolítico Inicial para el noreste peninsular, enfatizándose en todos ellos su potencial complementariedad (Saña, 1998:102). Los resultados de los patrones de matanza para los asentamientos analizados evidencian la ocupación permanente de los asentamientos en aire libre de la Draga y Reina Amàlia, documentándose la matanza de animales domésticos durante todo el ciclo anual. Los patrones de matanza documentados para la cueva de Can Sadurní evidencian también este mismo patrón. Al contrario, durante la ocupación Neolítica de cova del Frare se evidencia la matanza de *Ovis aries* y *Capra hircus* a nivel estacional, durante la primavera y otoño. Los resultados obtenidos a partir de la evaluación del número de restos (NR), el porcentaje de representación de las diferentes partes esqueléticas (cabeza, tronco, extremidad anterior, extremidad posterior y extremidad distal) y las conexiones anatómicas y remontajes de individuos neonatos de las diferentes especies domésticas, en comparación con el tipo de asentamiento (en aire libre o cueva) muestran que no hay relación directa entre unas producciones ganaderas o trabajos relacionados con la actividad ganadera específicos y el tipo de asentamiento. De este modo, las diferentes estrategias de producción animal determinarían los conjuntos faunísticos y no el tipo de asentamiento (en aire libre o en cueva). Cabe resaltar que durante el Neolítico Antiguo se podrían combinar asentamientos de carácter permanente (en aire libre) y asentamientos complementarios (en cueva), vinculados estos últimos con posibles lugares de trashumancia (Rojo et al., 2012), lugares de estabulación (Bosch, 1991; Saña et al., 2014), lugares de explotación cinegética (Altuna y Mariezkurrena, 2011).

En síntesis, ha quedado demostrado que las modalidades de gestión y explotación de los primeros rebaños domésticos no se pueden explicarse en base a un esquema lineal, caracterizado por una intensificación en la adopción de las técnicas ganaderas y en la sustitución progresiva de una ganadería ovina por una bovina. La adopción de las técnicas ganaderas es un proceso complejo que no se produciría al mismo tiempo ni ritmo en la totalidad del territorio.

### **3.6. Nuevos datos para el noreste peninsular. Gestión animal en el yacimiento lacustre de la Draga: un ejemplo de ganadería plenamente consolidada a inicios del Neolítico**

V.1\_ 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, JA.; (Eds): *PHICARIA*. Proceeding of the 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.

*En el poblado neolítico de la Draga (5300-5000 cal BC) se documenta, a partir de 15.391 restos de fauna recuperados y analizados hasta el momento, la explotación como mínimo de 51 especies animales diferentes: 46 salvajes y 5 domesticas. Serán estas últimas las que suministren la mayor parte de los productos necesarios para la alimentación de estas comunidades. La ganadería constituyo en este sentido una actividad fundamental, alrededor de la cual se articulaban probablemente gran parte de los procesos de trabajo desarrollados por los diferentes miembros de la comunidad.*

### **3.7. Nuevos datos para el noreste peninsular. Gestión animal en el litoral barcelonés a inicios del Neolítico: un ejemplo de ganadería polivalente**

V.2\_ Saña, M; Navarrete, V. 2016: “Gestió ramadera al pla de Barcelona durant la prehistòria”. En Molist, M; Gómez, A (eds.) “La prehistòria al pla de Barcelona. Nous documents per a una síntesi”. MUHBA. Ajuntament de Barcelona. Pp: 97-104.

*La domesticació suposà un canvi important en la gestió animal, possibilitat, a inicis del neolític, l'adopció i integració a l'estratègia econòmica de nous recursos que implicaren nous processos de treball i noves formes d'organització social i econòmica. Jaciments localitzats al pla de Barcelona com Conservatori del Liceu, Sant Pau del Camp i Reina Amàlia, permeten realitzar una aproximació a les repercussions que tingué aquest canvi en les comunitats neolítiques assentades en aquesta àrea. Es presenten a continuació les dades disponibles sobre el paper que la ramaderia tingué en aquestes comunitats durant aquests moments transcendents de la Història.*



**PRODUCCIÓN Y CONSUMO CÁRNICO A INICIOS DEL  
NEOLÍTICO:  
ANIMALES DOMÉSTICOS EN EL POBLADO DE LA  
DRAGA (BANYOLES) (5300-5000 CAL BC)**

---

VANESSA NAVARRETE BELDA Y MARÍA SAÑA SEGÚ

# PRODUCCIÓN Y CONSUMO CÁRNICO A INICIOS DEL NEOLÍTICO: ANIMALES DOMÉSTICOS EN EL POBLADO DE LA DRAGA (BANYOLES) (5300-5000 CAL BC)

VANESSA NAVARRETE BELDA Y MARÍA SAÑA SEGUÍ

---

## RESUMEN

En el poblado neolítico de la Draga (5300-5000 cal BC) se documenta, a partir de 15.391 restos de fauna recuperados y analizados hasta el momento, la explotación como mínimo de 51 especies animales diferentes: 46 salvajes y 5 domésticas. Serán estas últimas las que suministren la mayor parte de los productos necesarios para la alimentación de estas comunidades. La ganadería constituyó en este sentido una actividad fundamental, alrededor de la cual se articulaban probablemente gran parte de los procesos de trabajo desarrollados por los diferentes miembros de la comunidad.

**PALABRAS CLAVE:** neolítico antiguo, arqueozoología, la Draga, domesticación animal, ganadería inicial, consumo cárnico.

## ABSTRACT

In the Neolithic settlement of Draga (5300-5000 cal BC), the exploitation of at least 51 different species (46 wild and 5 domestic) has been documented from 15.391 fauna remains. These 5 domestic species provided most of the products needed to feed these communities. Animal husbandry is a key activity, around which much of the work processes developed by different members of the community are organized.

**KEYWORDS:** early Neolithic, archaeozoology, la Draga, animal domestication, husbandry practices, meat consumption.

## INTRODUCCIÓN

La adopción de la agricultura y ganadería conllevó cambios importantes en la forma de vida de las comunidades prehistóricas. El yacimiento de la Draga constituye en la actualidad uno de los únicos ejemplos del mediterráneo occidental donde ha sido posible estudiar con detalle las implicaciones sociales y económicas que tuvo la práctica de estas nuevas estrategias de producción. El buen estado de preservación de material convierte a este yacimiento, tanto en términos cuantitativos como cualitativos, en una de las muestras más representativas disponibles en la actualidad a la hora de evaluar el peso y la importancia que tenía la producción animal durante los momentos iniciales del Neolítico. Las comunidades asentadas en la Draga gestionaron y explotaron con intensidad la diversidad taxonómica propia del entorno lacustre, obteniendo de este medio una amplia gama de recursos animales tales como peces, aves, tortugas y mamíferos. El

dato más sorprendente es, sin embargo, el énfasis puesto en la actividad ganadera. Se trata de una ganadería bien consolidada dirigida a explotar de forma integrada las distintas producciones animales, priorizándose principalmente la producción de carne.

Los estudios arqueozoológicos realizados hasta el momento han permitido reseguir con detalle los diferentes procesos de trabajo implicados en este proceso productivo, contemplando desde la cría y mantenimiento de los rebaños de animales domésticos, la selección de los ejemplares destinados al consumo, su procesado y el posterior tratamiento del alimento obtenido para su consumo. Los resultados obtenidos evidencian una gestión diferencial de las cuatro principales especies domésticas explotadas: cabra, ovejas, bóvidos y suidos. Se presentan en este trabajo las tendencias registradas para cada una de estas especies, analizando su contribución a la dieta de las comunidades a inicios del neolítico<sup>1</sup>.

### CONTEXTO HISTÓRICO: EL YACIMIENTO NEOLÍTICO DE LA DRAGA Y SU ENTORNO

El yacimiento neolítico de la Draga se localiza en la orilla oriental de l'Estany de Banyoles (Girona, Cataluña), en una península situada en la mitad de su perímetro (Latitud N: 42°7'41", Longitud E: 2°45'33" del meridiano de Greenwich, altitud: 170 m.s.n.m. UTM 480104E y 4664097N) (**Figura 1**), a unos 40 km de la costa mediterránea. A partir de la dendrocronología se ha establecido una duración del poblado de 80 a 100 años. Los conjuntos de restos de fauna analizadas para este estudio corresponden a las ocupaciones más antiguas del asentamiento, ubicadas temporalmente entre 5300-5000 cal ANE.



**Figura 1.** Localización del yacimiento de la Draga (Banyoles, Pla de l'Estany).

El lago de Banyoles y su entorno eran muy diferentes durante el neolítico antiguo. Los datos de los análisis palinológicos (Tarrús, 2008) y antracológicos (Piqué et al, 2005), más los proporcionados por el estudio de los restos de troncos y maderas utilizados para la construcción (Piqué et al, 2005), permiten reproducir con fiabilidad el medio ambiente vegetal que existía en la zona. A partir de estos trabajos se ha propuesto la presencia de un bosque de ribera a ambos lados del yacimiento, con las especies típicas de esta clase de agrupaciones forestales: avellanos, fresnos, alisos, chopos, olmos, sauces, laureles, cornejo y saúcos. Las plantas acuáticas que poblarían la zona serían principalmente el Carex y juncos. Más al interior se encontraría un roble bien constituido con especies acompañantes características de un clima mediterráneo húmedo, como el avellano, el acebo, el enebro, el endrino, el arce, el tejo, el tilo y los árboles frutales silvestres. La presencia de alguna encina, de pinos y de madroño, evidencia que junto a al roble empezaba a desarrollarse un bosque mixto, ya de carácter más mediterráneo seco.

Las prospecciones efectuadas hasta el momento han permitido constatar que el poblado de la Draga tendría una gran extensión, cercana a los 8.000 m<sup>2</sup>. En relación a la estructuración interna del poblado, no se conoce de momento cuál era la forma exacta de las cabañas. Se trataba probablemente de edificios rectangulares, de 15 por 5 m. Las paredes se construían con pilares de roble, cada 80 cm, entrelazados con ramas y barro. Se ha excavado también un espacio periférico dedicado a la conservación y tratamiento de los alimentos, con presencia graneros circulares con enlosados, estructuras de combustión en cubeta y zonas de vertido de residuos orgánicos (Bosch *et al* 2000).

El sistema de producción agrícola de los habitantes de la Draga parece bastante complejo y variado (Buxó, 2000). Cultivaban los cereales tradicionales del neolítico antiguo del Mediterráneo occidental: el trigo desnudo, el trigo desnudo compacto, la espelta a, la cebada desnuda y la cebada vestido. Entre las leguminosas, el cultivo de habas y guisantes apunta hacia la existencia de huertos cercanos al poblado. La recolección de frutos y bayas está bien documentada, con presencia de avellanas, bellotas, piñones, moras, endrinas, manzanas o peras silvestres y uvas silvestres (Buxó, 2000).

Los artefactos recuperados en la Draga están fabricados a partir de madera, fibras vegetales, huesos y astas de animales, rocas y cerámica (Bosch et al 2000). Destacamos estos objetos debido a la magnífica conservación que presentan por las características naturales del yacimiento.

<sup>1</sup> Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación: HAR2011-25826 Domesticación animal y prácticas ganaderas en el Occidente Mediterráneo (9300-2500 CAL BC), dirigido por la Dra. María Saña Seguí, desarrollado en el marco del GRLA-UAB-1792 (Grup de Recerca del Laboratori d'Arqueozoologia - UAB).



Las investigaciones arqueológicas desarrolladas hasta el momento entre 1990 y 2011 en este yacimiento ponen de relieve su excepcionalidad en el contexto del mediterráneo occidental, constituyendo un ejemplo único en cuanto a la cronología y condición de las estructuras y materiales arqueológicos. Al tratarse de un yacimiento lacustre la preservación de la materia orgánica es óptima, característica que favorece el elevado grado de integridad que presentan los conjuntos faunísticos.

### GESTIÓN DE LOS RECURSOS SALVAJES EN LA COMUNIDAD DE LA DRAGA

Hasta el momento se han analizado un total de 15.391 restos de fauna, los cuales evidencian la explotación de como mínimo 51 especies animales diferentes: 46 salvajes y 5 domésticas. Teniendo en cuenta el número de restos de fauna clasificados en cada una de las diversas categorías de animales documentadas en la Draga se observa como la mayoría de restos (NR = 14.468) corresponden a mamíferos. Siguen, por orden de importancia cuantitativa, los restos de moluscos (4,9%), aves (0,7%), quelonios (0,7%) y pescado (0,09%). Entre los macromamíferos salvajes destaca la presencia de uro, ciervo, corzo, cabra salvaje, zorro, tejón, marta, gato salvaje y conejo, además de un número importante también de restos de aves, peces y moluscos.

Los medios frecuentados, gestionados y explotados de cara a la producción animal irían desde la costa (30-35 km de distancia del asentamiento), alta montaña, bosques y llanuras circundantes hasta el entorno lacustre más inmediato. En términos relativos, la explotación de la biomasa animal de los medios acuáticos y en concreto del mismo lago era más bien una actividad puntual o esporádica. Esta característica se hace evidente si se tiene en cuenta el número de ejemplares de peces, tortugas y moluscos de agua dulce adquiridos, con muy pocos individuos representados para la mayoría de especies.

La explotación del medio marino como fuente de alimento tampoco era recurrente. Entre las 14 especies de moluscos marinos documentadas únicamente el mejillón de roca se destinaba potencialmente el consumo. Del resto se habían recogido en la costa sólo las conchas que se transformaban posteriormente en elementos ornamentales o se utilizaban como herramientas. La misma dinámica siguen las aves, con poco más de 2 ejemplares representantes de cada una de las 14 especies de aves identificadas (Colibrí Pico de Sierra Grande, Ave Rapaz, Cuervo Marino y Cuervo emplomado, Porrón Chocolateado, Porrón de Ojos Amarillos, Águila Pes-

cadora, Perdiz Roja, Grúa, Codorniz, Focha, Becada, Paloma Bravía y Paloma Torcaz).

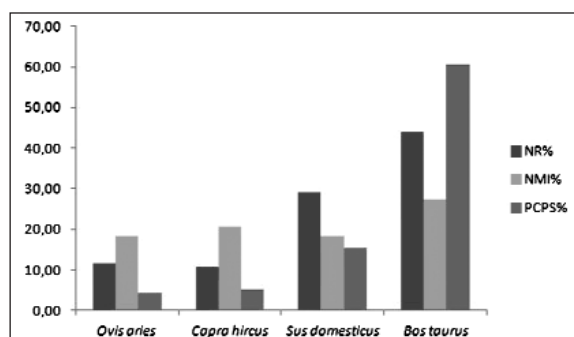
La poca cantidad de alimento obtenido a partir de la caza, pesca o recolección de estos animales es indicativa de que constituían recursos ocasionales y que su adquisición no estaba probablemente sistematizada o planificada a medio o largo plazo. Sin embargo, es significativa la amplia diversidad de especies animales documentada.

Queda de nuevo patente, pues, el protagonismo de la actividad ganadera y la mayor importancia relativa otorgada a la cría y mantenimiento de los rebaños de animales domésticos de cara al abastecimiento y suministro de productos alimentarios.

### PRODUCCIÓN GANADERA EN LA COMUNIDAD DE LA DRAGA

Entre las especies domésticas son los ovicápridos los que presentan unas frecuencias de representación relativa más elevadas (42,8%), con un ligero dominio de la representación de restos de oveja (20%) en relación a los restos de cabra (19%). No obstante, cuando se utilizan unidades de cuantificación alternativas al NR (numero de restos determinados/especie) la importancia relativa de los diferentes taxones varía, destacando el peso importante que tendrían los bovinos en términos de suministro de producto cárnico (60,6%) (**Figura 2**).

En base a esta unidad (PCPS<sup>2</sup>), ovejas y cabras son las especies domésticas con menor peso, situándose por detrás del cerdo doméstico. De forma genérica la contribución de las especies domésticas, con un 85,11% (5947,6 Kg.), a la producción cárnica es significativamente más elevada que la de las salvajes (14,58%; 1019 Kg.). Entre las especies salvajes sólo



**Figura 2.** Comparación de la importancia cuantitativa de los taxones domésticos con frecuencias más elevadas en el yacimiento de la Draga en base a las tres unidades de cuantificación utilizadas (NR=numero de restos, NMI=numero mínimo de individuos y PCPS=cantidad de producto cárnico potencialmente suministrada). No se presenta en esta grafica la categoría ovicaprinus.

<sup>2</sup> Cantidad de producto cárnico potencialmente suministrado.

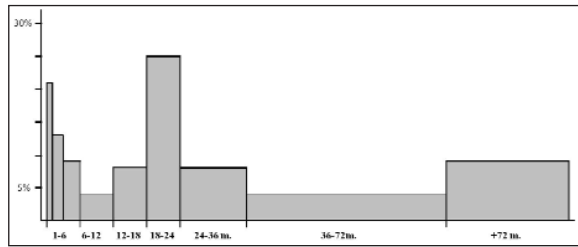


Figura 4. Histograma de edades obtenido para *Bos taurus*.

*Bos primigenius* (PCPS = 529 Kg.) supera la cantidad de producto potencialmente suministrado por las ovejas (296 Kg.) o las cabras (349 Kg.). En los casos en que tanto la forma doméstica como la salvaje están representadas (cabra, buey y cerdo), siempre es la doméstica la que ostenta el protagonismo en términos productivos. En el caso de que los cánidos domésticos y los pequeños carnívoros se destinaran también al consumo su contribución habría sido muy baja, no superando el 0,25%. En base al número mínimo de ejemplares representados se documenta, sin embargo, un sacrificio más elevado de ovejas/cabras en relación a los bovinos y suidos. Se trata, en definitiva, de una ganadería mixta, con un peso económico importante de los cuatro principales taxones domésticos.

#### Producción y consumo de carne de *Bos taurus*

La producción ganadera de los bóvidos se caracteriza en el poblado neolítico de la Draga por un elevado sacrificio de animales de edad infantil (pocas semanas o meses de vida) y juvenil. El estadio de fusión ósea muestra que solo un número reducido de animales de esta especie habría superado los dos años de vida, documentándose la muerte significativa de animales antes de llegar a los 3 meses de vida (20,8% de los individuos identificados), animales que no habrían llegado al óptimo cárnico teórico propuesto para la especie, estimado entre los 2 y 4 años. Se ha realizado para esta especie un his-

tograma comparando la proporción de restos fusionados y no fusionados de los huesos del tronco y de las extremidades con frecuencias de representación más elevadas (Figura 3). Tal como puede observarse, la mayoría de elementos fusionados corresponden a aquellos elementos esqueléticos que se fusionan durante los primeros meses de vida del animal.

Cabe preguntarse si estos terneros de pocas semanas de vida corresponden o no a animales muertos por causas naturales ajenas al consumo humano, pudiendo ser el resultado de una tasa de mortalidad infantil elevada, asociada para esta especie sobretodo a las inclemencias ambientales y a una pobre alimentación materna. El análisis de las trazas demuestra que a pesar de la corta edad y, por tanto, de la baja cantidad de biomasa que potencialmente pueden proporcionar, las carcasas han sido manipuladas de manera intensiva con el objetivo de obtener alimento cárnico y materias duras (el 28,6% de los restos presentan trazas de manipulación antrópica). Destaca en esta línea un elevado porcentaje de modificaciones antrópicas en los huesos del tronco, la parte distal de las extremidades y la extremidad anterior proximal. Las termoalteraciones se localizan principalmente en los huesos de la parte distal de las extremidades y el tronco, característica que puede vincularse a la utilización de la técnica del asado. La porción de la carcasa, aunque recubierta de carne, se ponía directamente en contacto con el fuego o brasas, quedando afectadas solo las partes del hueso provistas de carne u otras materias blandas. La presencia de trazas de este tipo en la pelvis, fémur, vertebras, metápodos y falanges es indicativa de que estos elementos formaban parte de estas porciones.

El histograma de edades obtenido para esta especie (Figura 4) muestra sin embargo una amplia variabilidad, característica que debe relacionarse con su explotación polivalente. Tal como se ha mencionado, un primer aspecto a remarcar es que se documenta la muerte significativa de animales antes de llegar a los 3 meses de vida. En caso de

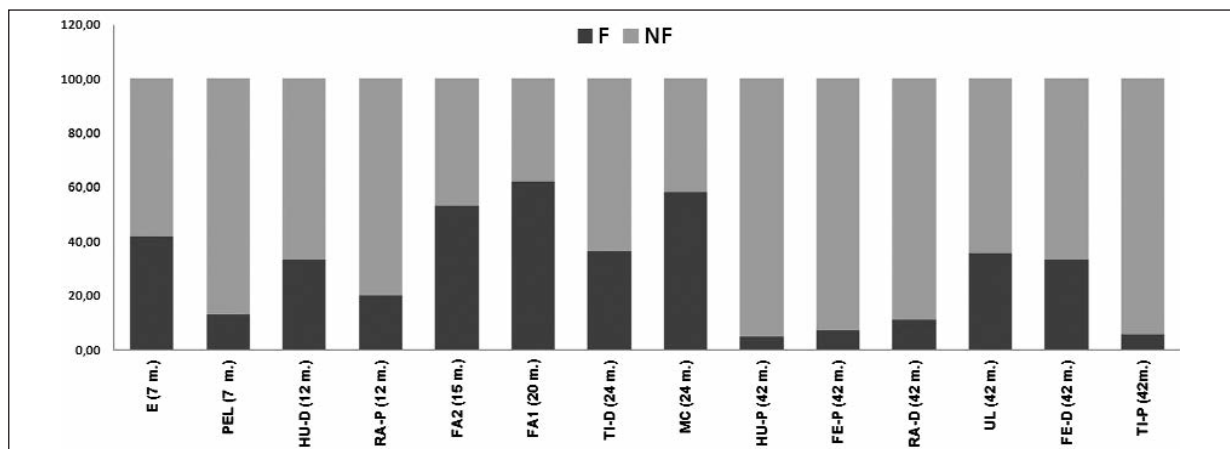


Figura 3. Porcentaje de elementos esqueléticos fusionados (F) y no fusionados (NF) de *Bos taurus* ordenados según secuencia temporal de fusión.

no tratarse de muertes naturales, la presencia de restos de animales recién nacidos e infantiles se ha relacionado a menudo con la explotación láctea (Vigne, Helmer 2007, p. 34). Se registra igualmente una matanza importante de animales de menos de 6 meses de edad. A partir de aquí, los animales se mantienen hasta que alcanzan aproximadamente el año de vida, destinándose después al consumo principalmente entre los 18 y 24 meses de edad. Si bien esta es la pauta dominante, y la que jerarquiza probablemente el ciclo ganadero de los bovinos, el histograma de edades muestra también la matanza complementaria de animales adultos de más de tres años (con un 20% de contribución a la producción cárnica). Es de suponer que estas matanzas incluyen a los animales destinados a la reproducción y a la explotación de la fuerza de trabajo. Tal como se ha mencionado en anteriores ocasiones (Tarrus et alii 2006, p.28; Bosch et alii 2008, p. 329; Lladó et alii, 2008, p. 59) se documenta a partir de las paleopatologías óseas que algunos animales habrían realizado sobreesfuerzos regulares, aspecto que puede relacionarse con la utilización de los bueyes como medio de trabajo (carga, transporte de madera, trabajos agrícolas,...) (Figura 5).

**Producción y consumo de carne de *Sus domesticus***

El 92,5% de los restos de suidos recuperados en el yacimiento de la Draga corresponden a *Sus domesticus*. El criterio seguido en la diferenciación entre la forma salvaje y la doméstica ha sido la talla del animal. La comparación de la población de suidos de La Draga con la de los yacimientos



Figura 5. Restos de la parte distal de las extremidades de los bovinos con paleopatologías resultado del sobreesfuerzo que realizó en vida el animal. En este caso se trata de metapodos que presentan una ampliación lateral de la tróclea medial.

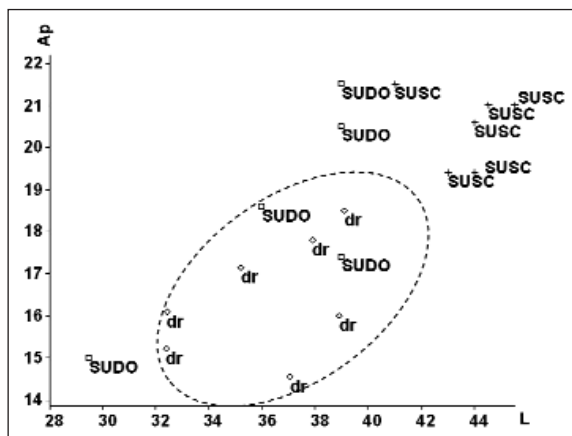


Figura 6. Diagrama de dispersión de las medidas de FA1 (L y Ap), comparando la población de suidos de La Draga (dr) con las poblaciones de *Sus Scrofa* (SUSC) y *Sus domesticus* (SUDO) de los yacimientos de Ereta del Pedregal, Castillejos y Cerro de la Horca.

peninsulares de Ereta del Pedregal, Castillejos y Cerro de la Horca a partir de las medidas de la primera falange (Figura 6) muestra la talla relativamente reducida de los ejemplares de La Draga, característica indicativa de que la ganadería de cerdos está ya bien consolidada.

Los cerdos domésticos presentan también en este asentamiento una importancia económica significativa en cuanto a la producción de carne. Teniendo en cuenta el estado de osificación de los diferentes elementos del esqueleto apendicular (Figura 7), y de manera análoga a *Bos taurus*, se observa como la proporción de epifisis no fusionadas es significativamente superior a la de epifisis en proceso de fusión y fusionadas en todos los casos, registrándose mayoritariamente la presencia de elementos óseos en un estadio de desarrollo correspondiente a animales de menos de 24 meses de edad. El histograma de clases de edad obtenido (Figura 8) muestra de nuevo el dominio prácticamente exclusivo de

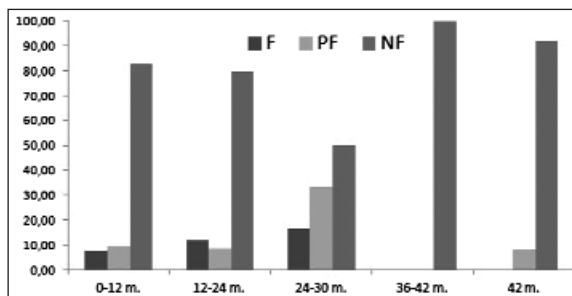


Figura 7. Porcentaje de elementos esqueléticos fusionados (F), en proceso de fusión (PF) y no fusionados (NF) de *Sus domesticus* ordenados según secuencia temporal de fusión.

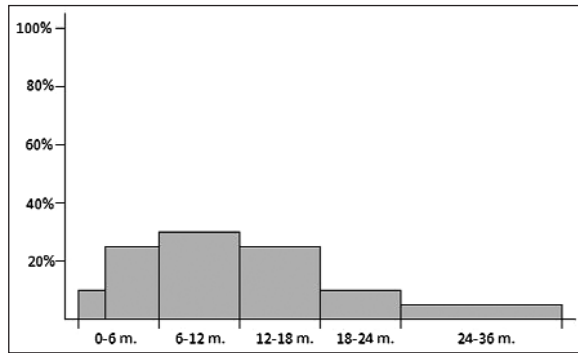


Figura 8. Histograma de edades obtenido para *Sus domesticus*.

animales juveniles, sacrificados en torno a los 12 meses de vida. Pocos ejemplares de esta especie superaban los dos años de vida, característica que evidencia la práctica de una ganadería altamente sistematizada encaminada a no dejar vivir a los animales más allá de la edad óptima de matanza (en términos de explotación cárnica). Los animales que superaban esta edad, probablemente las hembras y los pocos machos implicados en la reproducción, tendían a sacrificarse durante el invierno, periodo del año más costoso y difícil en términos de manutención.

Un elevado porcentaje de los restos recuperados de esta especie no muestran fracturas, característica que evidencia una débil manipulación de algunos ejemplares o porciones. La escasa manipulación antrópica documentada se debe probablemente al hecho de que una proporción importante de animales representados murieron a las pocas semanas o meses de vida. El número de restos con modificaciones antrópicas recuperadas de *Sus domesticus* es menor que el documentado para los bovinos, hecho que viene condicionado por la diferencia de talla del animal. En el caso del cerdo doméstico el 10,08% de los restos presentan trazas vinculadas al procesado del animal y a la preparación del alimento para el consumo. Entre las termoalteraciones, se registra un número importante de restos con modificaciones parciales en los extremos de los elementos óseos, vinculados probablemente a la cocción de porciones individualizadas de la carcasa (húmero, pelvis, tibia, falanges).

### Producción y consumo de carne de *Capra hircus*

Siguiendo la pauta documentada para los suidos, se separa perfectamente a partir de los restos de *Capra* de la Draga la forma doméstica de la salvaje (Figura 9). El diagrama de dispersión obtenido a partir de las medidas de la segunda falange (longitud y anchura distal) de *Capra* de la Draga en comparación con otras poblaciones conocidas de *Capra pyrenaica* de yacimientos peninsulares muestra una ruptura clara

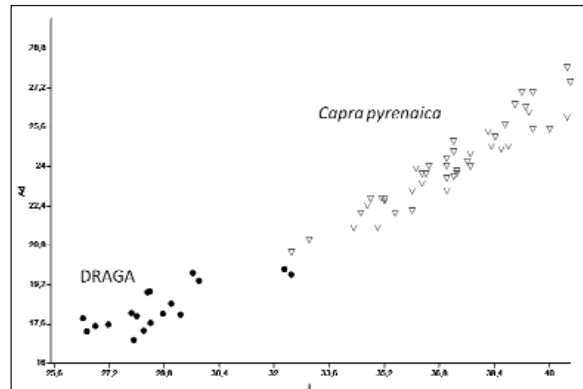


Figura 9. Diagrama de dispersión de las medidas de la segunda falange (longitud y anchura distal) de *Capra* de la Draga en comparación con otras poblaciones conocidas de *Capra pyrenaica* de la península.

entre la población doméstica (*Capra hircus*) y la salvaje (*Capra pyrenaica*). Se registra también para las cabras una proporción importante de animales que se destinan al consumo antes de finalizar el crecimiento. El histograma de edades obtenido (Figura 10) evidencia igualmente que el sacrificio de cabras se centra sobre todo en animales de entre 6 y 24 meses de edad. La ganadería de cabras se caracteriza también por un porcentaje significativo de animales sacrificados antes de los 12 meses, con representación importante de ejemplares muertos entre el nacimiento y los 2 meses de vida. Es difícil atribuir la muerte de estas cabras únicamente a la mortalidad infantil, teniendo en cuenta que este intervalo de edad no está representado en el caso de las ovejas. La representación de animales de menos de dos meses se relaciona a menudo con la explotación láctea (Halstead 1998; Vigne, Helmer 2007, p. 32). Esta sería complementaria a la cárnica, con un máximo de matanzas concentradas entre los 12 y 24 meses. A partir de esta edad, los animales se mantienen, probablemente hembras destinadas a la producción de leche, y no se sacrifican hasta que ésta empieza a disminuir. Del total de 339 restos clasificados como *Capra hircus* ha sido posible

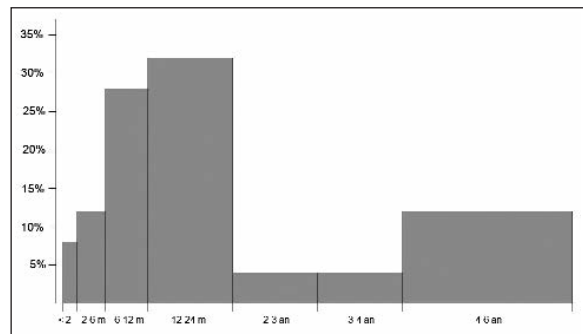


Figura 10. Histograma de edades obtenido para *Capra hircus*.

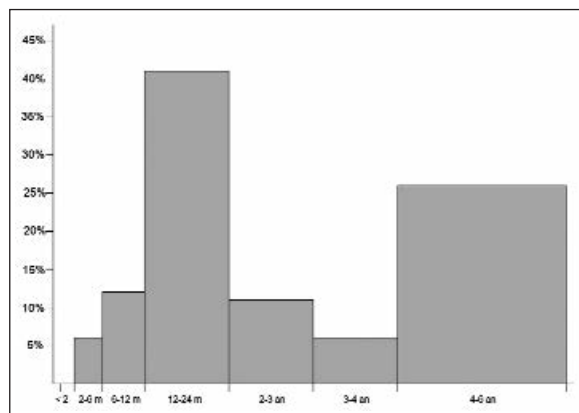


Figura 11. Histograma de edades obtenido para *Ovis aries*.

atribuir 37 restos a individuos machos y 12 a individuos hembras. La clasificación de estos restos según intervalos de edad muestra una tendencia ligeramente inversa entre machos y hembras, con un sacrificio más importante de hembras adultas y machos juveniles.

De todos los elementos óseos recuperados de caprinos, solo el 14'3% de los restos presentan trazas antrópicas, resultado de la manipulación de las carcasas y porciones durante el procesado y preparación del alimento para el consumo. La mayoría de trazas, corresponden a termoalteraciones parciales de color negro, resultado de la acción de asar determinadas porciones o la carcasa completa, en ejemplares de pocos meses de vida. La presencia de huesos quemados correspondientes a un mismo animal o implicados en conexiones anatómicas, evidencian esta práctica antes de la desarticulación.

#### Producción y consumo de carne de *Ovis aries*

La pauta de sacrificio documentada para *Ovis aries* es ligeramente diferente que la descrita para cabra, con un pico máximo de matanzas entre 1 y 2 años de vida y un sacrificio importante también de animales de más de cuatro años de edad (Figura 11). A partir de los restos en que ha sido posible determinar el sexo del animal representado se evidencia una proporción entre machos y hembras de 10:5, siendo por tanto significativamente superior la matanza de animales machos. En términos generales, la ganadería ovina se caracteriza en la Draga por una matanza importante de animales a partir del año de vida. Una vez alcanzada esta edad, las ovejas se destinaban al consumo hasta prácticamente los dos años. Las ovejas que superan esta edad se mantienen vivas hasta edad adulta y, a partir de los cuatro años, empiezan a sacrificarse de nuevo. Hay que pensar pues en una explotación ganadera orientada sobre todo a la producción cárnica.

La dinámica de representación esquelética registrada para *Ovis aries* se caracteriza por el porcentaje elevado de elementos de las extremidades. La secuencia de procesado y las acciones vinculadas a la preparación del alimento para el consumo, han quedado representadas a través de las trazas y alteraciones identificadas sobre el 17,6% de los restos. Las trazas de termoalteración, se distribuyen entre las diferentes partes esqueléticas de forma desigual, siendo numéricamente superiores en elementos de la parte distal de las extremidades y la cabeza. Se trata en la práctica totalidad de los casos, de alteraciones parciales de color marrón y negro, producidas durante la cocción. El resto de las trazas antrópicas consisten en cortes e incisiones producidas principalmente durante el descarte y división de la carcasa en cuartos.

#### CONCLUSIONES

Tal y como queda reflejado en los histogramas de edad obtenidos para los diferentes taxones, la carne era la producción que se priorizaba en la explotación ganadera de la Draga. El intervalo de edad con los porcentajes de representación más elevados para todos los taxones es el de 12 a 24 meses (*Bos taurus* = 37,1%; *Capra hircus* = 32%; *Ovis aries* = 41,1%; *Sus domesticus* = 32,2%). La matanza de los animales, para todas las especies, durante el intervalo de edad en el que han alcanzado teóricamente su óptimo ganadero en términos de explotación cárnica, demuestra que la estrategia ganadera implementada en la Draga integra de manera efectiva los ciclos productivos y reproductivos de todos los taxones explotados, orientando de forma simultánea parte de los efectivos de los rebaños hacia otras producciones y usos alternativos al consumo. En el caso de los bovinos y caprinos, con un porcentaje significativo también de individuos sacrificados en edad infantil, parece que la producción de carne se podía haber combinado también con la explotación láctea, si bien es difícil, de momento, incidir en el grado de intensidad con que se explotaba este producto.

La estrategia económica practicada en la Draga demuestra de forma clara cómo, a inicios del Holoceno, la ganadería se habría adoptado e integrado al sistema económico de forma bastante rápida. Esto supuso el control artificial de los ritmos de producción y reproducción animales y la apropiación continuada de las generaciones sucesivas de animales que se reproducían en cautividad. En términos estrictamente económicos, la cría de animales domésticos implicó cambios sustanciales en los procesos de trabajo y su organización, contribuyendo también a modificar los hábitos alimentarios y dieta de las personas.

Es importante considerar pero también que, a diferencia de los animales salvajes, la integración de los animales domésticos en una determinada comunidad hace necesaria la implementación de unos determinados mecanismos sociales,

hasta entonces inexistentes. Sin estos mecanismos sociales la plena domesticación animal habría sido imposible. El proceso de domesticación animal y prácticas ganaderas iniciales supusieron, en este sentido, el establecimiento de un nuevo tipo de relaciones entre las comunidades, el medio y los recursos naturales así como el establecimiento de un nuevo tipo de relaciones en el seno de las mismas comunidades. Este nuevo conjunto de relaciones debe contemplar ahora la apropiación particularizada de los recursos naturales. Esta nueva forma de relación que se establece entre la sociedad y los animales permite a la vez aumentar el grado de control y manipulación de los animales. De esta manera, la domesticación animal y ganadería inicial contribuyeron también de forma significativa al cambio experimentado en el terreno social y político que se documenta durante el neolítico.

## BIBLIOGRAFÍA

- BOSCH, A., CHINCHILLA, J., TARRUS, J., LLADO, E., SAÑA, M., (2008) - Uso y explotación de los bóvidos en el asentamiento de la Draga Banyoles, Catalunya, IV Congreso del Neolítico Peninsular, MARQ, Museo Arqueológico de Alicante, Alicante, 326-331.
- CASTAÑOS, P.(1992) - Estudio arqueozoológico de la fauna del Cerro de la Horca (Plasenzuela, Cáceres), *Archaeofauna*,1, 127-146.
- CASTAÑOS, P. (1997) - Estudio de la fauna del Cerro I de "los Castillejos" (Fuente de Cantos,Badajoz), *Norba*, 14, 11-45.HALSTEAD P. (1998) - Mortality models and milking: problems of uniformitarianism, optimality and equifinality reconsidered, *Anthropozoologica*, 27, 3 20.
- FÈLIX, J. (2000). Una closca sencera de tortuga, in BOSCH, À., CHINCHILLA, J., TARRÚS, J. (ed.), *El Poblado lacustre neolítico de la Draga. Excavaciones de 1990 a 1998, Monografies del Casc 2*, 165-166.
- GARCÍA, LL. (2000). Pocs ocells a la Draga, in BOSCH, À., CHINCHILLA, J., TARRÚS, J. (ed.), *El Poblado lacustre neolítico de la Draga. Excavaciones de 1990 a 1998, Monografies del Casc 2*, 166-167.
- GARCÍA, LL. (2011). Estudi de les retes d'au, in: Bosch, Chinchilla i Tarrús (coords.), *El poblado lacustre del neolítico antic de La Draga. Excavaciones 2000-2005, Monografies científiques del CASC*, 9: 213-221, MAC, Barcelona.
- JUAN-MUNS, N. (2000). La ictiofauna de la Draga, in BOSCH, À., CHINCHILLA, J., TARRÚS, J. (ed.), *El Poblado lacustre neolítico de la Draga. Excavaciones de 1990 a 1998, Monografies del Casc 2*, 167.
- LLADO, E. GAITERO, LL., 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), 58-61.
- OLIVA, M. (2011). La malacofauna marina: determinació i caracterització, in: Bosch, Chinchilla i Tarrús (coords.), *El poblado lacustre del neolítico antic de La Draga. Excavaciones 2000-2005, Monografies científiques del CASC*, 9: 223-227, MAC, Barcelona.
- PALOMO, A., PIQUÉ, R., BOSCH, A., CHINCHILLA, J., GIBAJA, J. F. , SAÑA, M., TARRÚS, J. (2005) - La caza en el yacimiento neolítico de La Draga (Banyoles-Girona), III Congreso del Neolítico Peninsular, Santander, 135-144.
- PÉREZ, M. (1990) - La ganadería y la caza en la Ereta del Pedregal (Navarrés, Valencia), *Archivo de Prehistoria Levantina*, XX, 223-254.
- PLANAS, A. (2000). La malacología de la Draga, in BOSCH, À., CHINCHILLA, J., TARRÚS, J. (ed.), *El Poblado lacustre neolítico de la Draga. Excavaciones de 1990 a 1998, Monografies del Casc 2*, 167-168.
- SAÑA, M. (1993) - Estudi de les relacions entre grup humà-recursos animals. Dinàmica del procés de domesticació animal al neolític antic català. L'exemple de la Draga (Banyoles-Pla de l'Estany), *Treball de recerca inèdit, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona*.
- 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. (2000) - Els recursos animals, in BOSCH, À., CHINCHILLA, J., TARRÚS, J. (ed.), *El Poblado lacustre neolítico de la Draga. Excavaciones de 1990 a 1998, Monografies del Casc 2*, 150-168.
- SAÑA, M. (2011). La gestió dels recursos animals, in, Bosch, Chinchilla i Tarrús (coords.), *El poblado lacustre del neolítico antic de La Draga. Excavaciones 2000-2005, Monografies científiques del CASC*, 9: 177-212, MAC, Barcelona
- TARRÚS, J., SAÑA, M., CHINCHILLA, J., BOSCH, A. (2006) - La Draga (Banyoles, Catalogne): traction animale à la fin du VI<sup>e</sup> millénaire?, in PÉTREQUIN, P., ARBOGAST, R.M., PÉTREQUIN, A.M., VAN WILLIGEN, S., BAILLY, M. (ed. ), *Premiers chariots, premiers araires. La diffusion de la traction animale en Europe pendant les IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires avant notre ère, CNRS Editions, CRA Monographies 2* , 25-30.
- 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, 9-40.

## **Gestió ramadera al pla de Barcelona durant la Prehistòria**

Maria Saña, Vanessa Navarrete

Laboratori d'Arqueozoologia, Departament de Prehistòria. Universitat Autònoma de Barcelona

### **RESUM**

La domesticació suposà un canvi important en la gestió animal, possibilitat, a inicis del neolític, l'adopció i integració a l'estratègia econòmica de nous recursos que implicaren nous processos de treball i noves formes d'organització social i econòmica. Jaciments localitzats al pla de Barcelona com Conservatori del Liceu, Sant Pau del Camp i Reina Amàlia, permeten realitzar una aproximació a les repercussions que tingué aquest canvi en les comunitats neolítiques assentades en aquesta àrea. Es presenten a continuació les dades disponibles sobre el paper que la ramaderia tingué en aquestes comunitats durant aquests moments transcendents de la Història.

## I. Ramaderia inicial al pla de Barcelona: les espècies animals gestionades

A inicis del neolític es documenta ja en la majoria de jaciments arqueològics de l'àrea del nord-est peninsular la presència de les quatre principals espècies domèstiques. La domesticació animal suposà durant aquest interval temporal l'opció d'incorporar nous recursos a l'alimentació al mateix temps que la possibilitat de criar i mantenir a llarg terme ramats d'ovelles, cabres, bous i porcs i explotar-los en estat viu de cara a l'obtenció de productes no exclusivament carnis tals com la llet i excrements, a més de poder utilitzar-los també com a mitjans de treball en els desplaçaments i tasques vinculades a l'agricultura i gestió forestal. El Pla de Barcelona no constitueix una excepció.

Les anàlisis arqueozoològiques realitzades han permès constatar que als jaciments de la Caserna de Sant Pau, Reina Amàlia i Conservatori Liceu la ramaderia era una estratègia amb un pes econòmic important durant les primeres fases del neolític antic. En tots tres jaciments les freqüències de representació de les restes d'animals domèstics superen de manera important a les dels salvatges, amb percentatges superiors en tots els casos al 95% (97,15% Caserna de Sant Pau; 96,4% Conservatori del Liceu i 98,9% Reina Amàlia). S'observen no obstant dinàmiques diferencials entre aquests 3 jaciments en relació a la importància quantitativa de cada espècie (Figura 1). Mentre que al Conservatori del Liceu i Sant Pau del Camps domina la representació dels ovicaprins (59,3% i 45,8% respectivament), a Reina Amàlia *Bos taurus* (49,05%) és l'espècie domèstica amb més restes recuperades. Entre els ovicaprins les restes de cabra son sempre més abundants que les d'ovella (55C:370 a Caserna de Sant Pau; 4C:00 a Conservatori del Liceu; 63C:310 a Reina Amàlia). La representació dels bovins és també remarcable a Caserna de Sant Pau (36,03%) mentre que al Conservatori del Liceu les freqüències obtingudes per aquesta espècie són relativament baixes (3,1%). Pel porc (*Sus domesticus*), es registra un percentatge superior als dels ovicaprins a Reina Amàlia (28,81%) en front a les freqüències relativament més baixes obtingudes a Caserna de Sant Pau (17,08%). Al jaciment de Conservatori del Liceu els porcs domèstics representen el 37,5% de les restes.



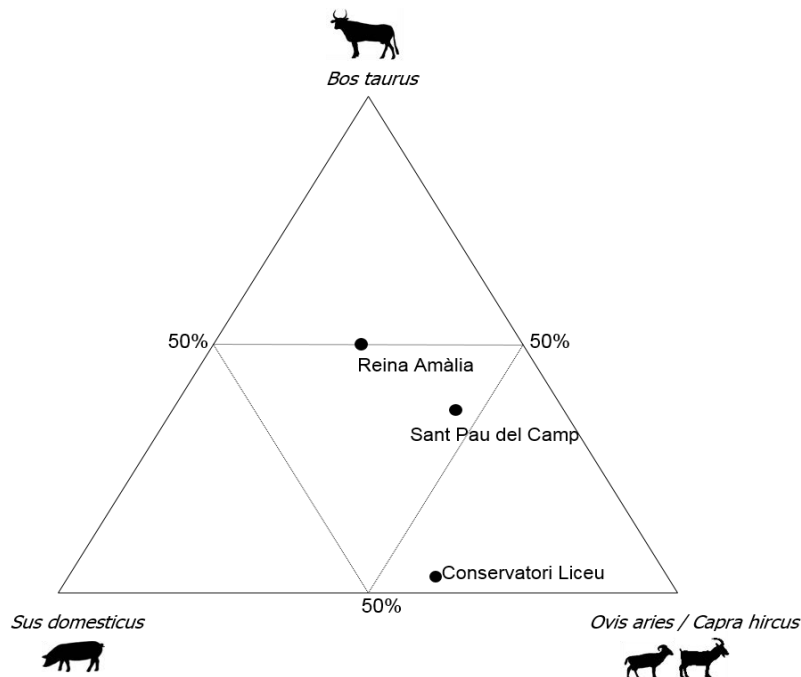


Figura 1. Diagrama ternari a partir dels percentatges relatius de representació de les principals espècies domèstiques als jaciments de Conservatori del Liceu, Sant Pau del Camp i Reina Amàlia.

Aquests percentatges es poden veure lleugerament influenciats pel fet de que algunes de les restes de fauna s'han classificat en categories genèriques degut a la impossibilitat de diferenciar en alguns casos entre la forma salvatge i la domèstica. A inicis del neolític, els efectes físics de la domesticació i selecció artificial aplicada sobre els animals no són encara visibles sobre els ossos de l'esquelet a partir del seu examen morfomètric. El jaciment més afectat per aquesta limitació és el de Caserna de Sant Pau del Camp, jaciment on un total de 91 restes de fauna s'han classificat a la categoria genèrica de *Sus* sp. i 64 a la de *Bos* sp. Amb l'objectiu d'avaluar el grau de similitud entre aquestes primeres poblacions d'animals domèstics representades en aquests jaciments, s'ha aplicat la tècnica de *log size index* (LSI) a partir de les mesures obtingudes amb l'anàlisi biomètrica del material. Els resultats obtinguts es representen en un diagrama de *box plot* (Figura 2a,b). Pels porcs, s'observa com els exemplars d'aquesta espècie tenien una talla significativament inferior a la del porc senglar, sobretot en el jaciment de Reina Amàlia. Pel bou s'observa en canvi més variabilitat, sent en aquest cas al jaciment de Sant Pau del Camp on presenten una mida relativament menor. L'elevada variabilitat registrada pel jaciment de Reina Amàlia evidencia que en aquest assentament es criaven i destinaven al consum animals de diferents mides. Probablement aquesta diferència és resultat del dimorfisme sexual documentat durant aquestes cronologies entre mascles i femelles, aquestes darreres normalment menys robustes i de mides més

petites. Tant en un jaciment com a l'altre les característiques físiques que presenten els porcs i bous demostra que la ramaderia d'aquestes espècies estava ben establerta i era una pràctica comuna.

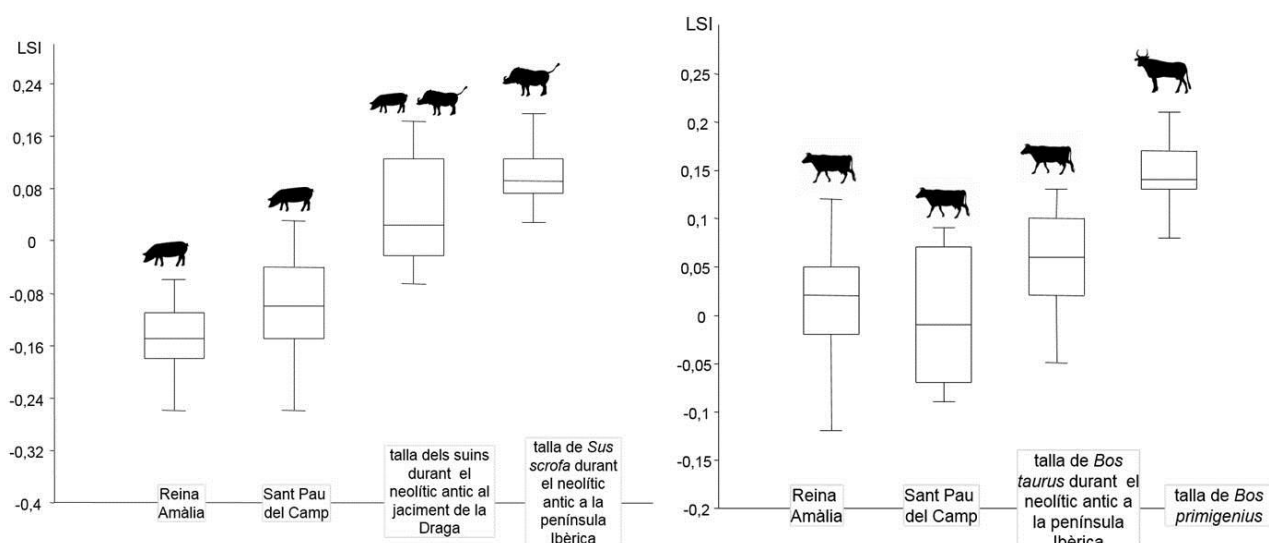


Figura 2. Representació gràfica dels resultats obtinguts a partir de la tècnica del *log ratio* on es mostra la relació de la talla dels suïds (a) i dels bovins (b) entre diferents poblacions arqueològiques. Els referencials utilitzats són els publicats per Bull i Payne (1988) en el cas dels porcs i els recopilats per Daniel Helmer (inèdit) en el cas del bovins.

## II. Ramaderia inicial al pla de Barcelona: les produccions animals explotades

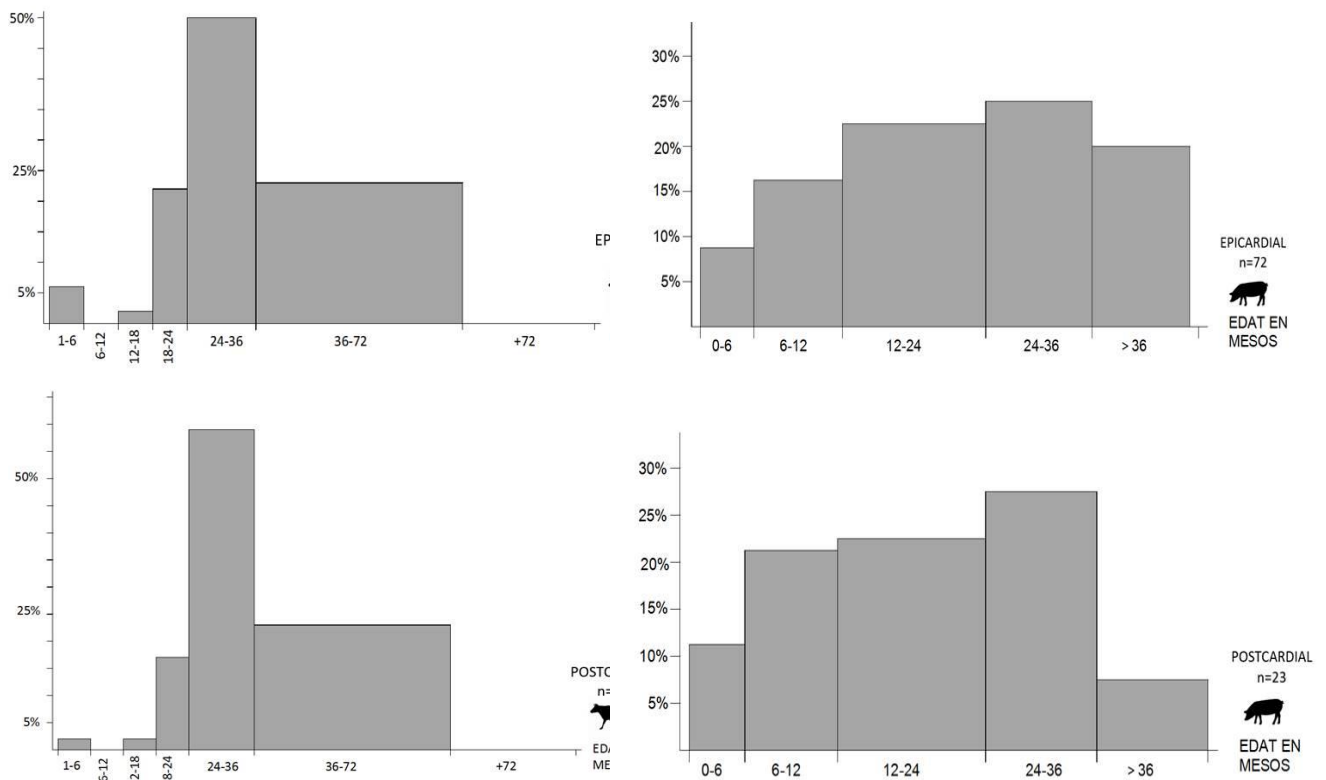
Les estratègies ramaderes poden tenir diferents orientacions en funció dels productes que s'exploten de cada una de les espècies animals. Mentre que per bous, ovelles i cabres es documenten explotacions polivalents i la majoria de vegades complementàries, la cria i manteniment de porcs té com a principal objectiu la producció de carn. L'anàlisi de l'edat a la que s'han matat els animals pel seu consum ens aporta valuoses informacions sobre quins tipus de ramaderia es practicava a cada un d'aquests assentaments.

Al jaciment del Conservatori del Liceu s'evidencia la pràctica d'una ramaderia centrada sobretot en l'obtenció de producte carni, amb un sacrifici majoritari d'animals juvenils i subadults en el cas de les cabres i porcs domèstics. Es tracta d'animals que estarien al final de la seva etapa de creixement. Es considera que aquesta és precisament l'edat òptima de sacrifici i a la que l'animal pot proporcionar un major rendiment en carn. Una vegada finalitzat el creixement, la quantitat de producte ja no s'incrementa i la seva alimentació podria suposar una despesa addicional. A Caserna de Sant Pau, en canvi, la pauta de sacrifici documentada és

més diversificada, sobretot pel que fa als bous i suïds. Es consumien animals juvenils però també adults. En el cas dels porcs, cal plantejar la possibilitat de què els animals adults corresponguin a femelles. Aquestes es solen mantenir durant més temps de cara a la cria i, un cop es van esgotant les seves capacitats reproductives, es poden aprofitar com aliment. A diferència dels porcs, pels bous s'ha evidenciat una explotació més diversificada. Durant el neolític antic es feien servir també com a mitjans de treball amb l'objectiu de facilitar la càrrega, transport i treballs agrícoles. En aquestes situacions solen estar representats també exemplars senils, d'edat avançada. La utilització de bous en aquestes activitats pot suposar la realització de sobreesforços reiterats que poden produir lesions en aquelles parts esquelètiques on s'acumula el pes (columna vertebral, part distal de les extremitats). No és aquest el cas però de Caserna de Sant Pau, on no s'ha documentat ni la presència d'animals senils ni restes d'aquesta espècie amb patologies. Ovelles i cabres eren els animals més consumits en aquest assentament. Tot i així es documenta una diferència important en les seves edats de sacrifici. Mentre que per les ovelles s'observa un clar predomini d'exemplars adults, de cabres s'han recuperat un número significatiu de restes que corresponen a animals de menys de 6 mesos, inclús de nounats. El fet de que algunes d'aquestes cabres estiguin dipositades senceres al jaciment fa pensar que l'objectiu no hauria estat destinar-les a l'alimentació, doncs normalment l'obtenció de carn suposa el processat previ de l'animal, operació durant la qual es solen deixar traces sobre les superfícies òssies i fracturar alguns dels elements esquelètics amb l'objectiu de reduir les carcasses a porcions més manejables per a la seva preparació culinària. La presència important de restes d'animals de pocs mesos d'edat en un jaciment es ve relacionant també amb la producció làctia. El sacrifici d'animals lactants seria corrent en ramaderies inicials amb la finalitat d'obtenir el màxim volum de la llet que produeixen les femelles. Tot i que la producció làctia està ben documentada en d'altres assentaments del neolític antic, a partir de la constatació de la presència de residus de greixos làctics adherits a les parets de recipients ceràmics, en base a l'estructura d'edats documentada per ovelles i cabres no sembla que a Sant Pau del Camp aquesta constituís una activitat principal.

Pel jaciment de Reina Amàlia ha estat possible analitzar l'estratègia ramadera seguida en base als dos intervals temporals documentats en aquest jaciment pel neolític (epicardial i postcardial) i avaluar si es produeixen canvis o no entre els mateixos, a excepció de l'ovella que presenta pocs efectius durant la fase més recent (Figura 3a-g). Començant per *Bos taurus*, no s'observen a nivell temporal variacions importants de les seves pautes d'explotació. Els bous es destinen al consum majoritàriament quan tenen entre 2 i 3 anys d'edat, evidenciant-se per

tant la seva importància econòmica en la producció càrnia. Si relacionem aquesta constatació amb el percentatge de representació d'aquesta espècie en aquest jaciment (49,95%) i amb el fet de que la quantitat de carn consumible que proporciona cada animal és elevada (estimant-se al voltant d'uns 175 quilos en exemplars de mes de 24 mesos d'edat) s'observa que la ramaderia de bous tindria durant els moments inicials del neolític un pes específic molt important en l'abastiment d'aliment a la població. En menor mesura estan representats també animals d'entre 36 i 72 mesos d'edat. La identificació, en cronologies postcardials, d'un total de 12 restes (8 falanges i 4 metapodis) amb patologies derivades de l'ús efectuat d'alguns animals d'aquesta espècie posa de relleu la seva explotació polivalent i destaca de nou el seu protagonisme en termes econòmics.



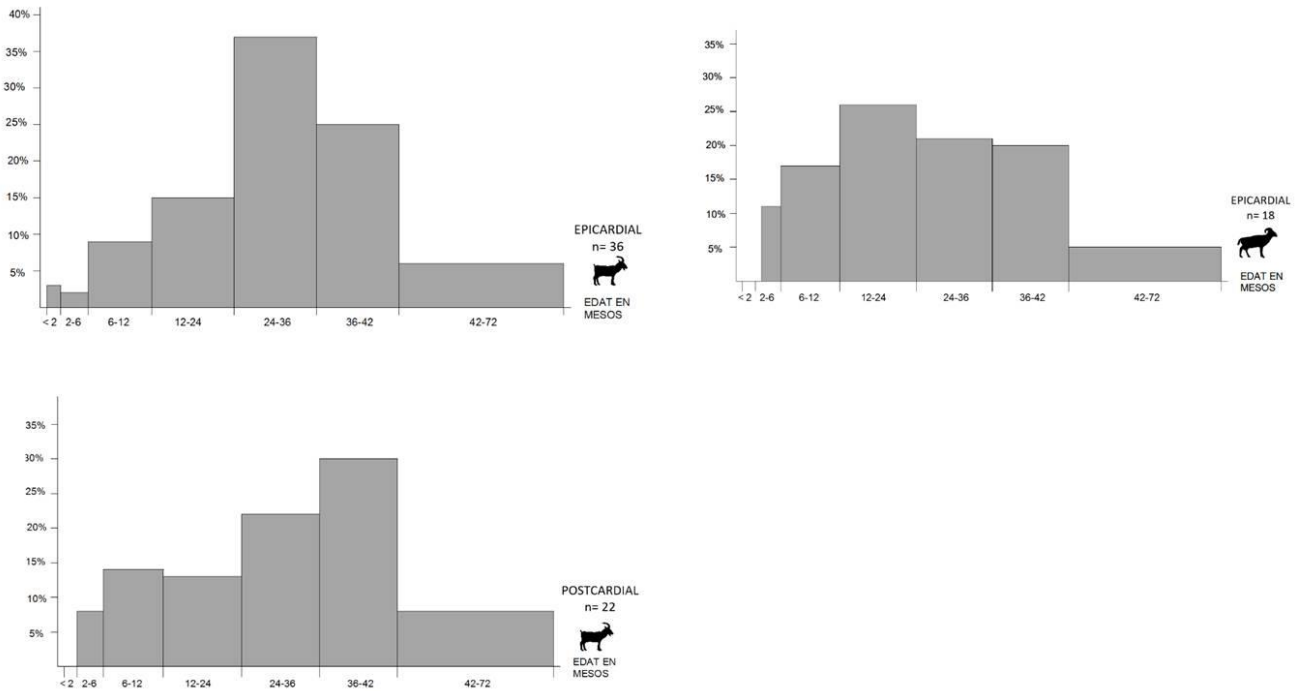


Figura 3. Histogrames d'edat obtinguts per *Bos taurus* (a,b), *Sus domesticus* (c,d), *Capra hircus* (e,f) i *Ovis aries* (g) al jaciment de Reina Amàlia diferenciant entre les ocupacions corresponents al neolític antic epicardial i postcardial.

Pels porcs domèstics es documenta al jaciment de Reina Amàlia un sacrifici majoritari d'animals d'entre 18 i 36 mesos d'edat, si bé al llarg de tota la seqüència es registra paral·lelament la presència, en menor mesura, d'animals adults i alguns pocs d'infantils. Cal contemplar la possibilitat de que aquests darrers podien haver mort en alguns casos de manera natural. L'estratègia seguida en l'explotació d'aquesta espècie presenta una major sistematització que la descrita per Sant Pau del Camp, en aquest darrer cas més diversificada i amb un percentatge de representació inferior (17,08% en front al 28,81% obtingut per Reina Amàlia). Les dades aportades per les restes d'ovelles indiquen un major èmfasi també cap als exemplars d'entre un i tres anys de vida. En la majoria de casos els animals destinats als consum tenen al voltant de 2 anys. Complementàriament, hi ha també representats animals adults. A més de poder correspondre a femelles destinades a la reproducció, s'ha vinculat en ocasions aquesta característica a l'explotació de les fibres animals, si bé no disposem de més elements que ho corroborin per aquest jaciment. Durant el neolític antic no es pot parlar encara de llana. La llana de les ovelles, tal i com la coneixem actualment, és producte de les pressions selectives aplicades successivament sobre aquesta espècie al llarg de tota la Prehistòria. Tot i factible durant el neolític antic, no hi ha evidències, fins el moment, de que

constituís una activitat sistematitzada o especialitzada. En cas de practicar-se, cal suposar que estaria organitzada a petita escala. Per la cabra, els histogrames d'edat mostren que a l'assentament de Reina Amàlia els animals d'aquesta espècie es sacrificaven sobretot entorn als 2-3 anys de vida, si bé durant les ocupacions corresponents al postcardial adquireix cada vegada més importància el consum d'exemplars adults. S'observa tant per l'ovella com per la cabra una pauta menys sistematitzada que pels bovins.

### **III. Estratègies de gestió animal al pla de Barcelona**

Si es correlacionen els resultats obtinguts per cada un d'aquests jaciments, s'evidencien dinàmiques diferents en la gestió de les espècies domèstiques. Aquestes diferències rauen tant en la importància que s'atorga a cada espècie en termes de producció alimentària com en la seva explotació i ús amb diferents finalitats. D'aquesta manera, mentre que al jaciment de Reina Amàlia la cria de bovins constituïa l'activitat central, a Sant Pau del Camp i Conservatori del Liceu les cabres i ovelles es destinaven més sovint al consum. En cap d'aquests jaciments els ovicaprins assoleixen però elevats percentatges, comuns d'altra banda en la majoria de jaciments d'aquestes cronologies a l'àrea del nord-est peninsular. Es sol tractar més aviat en aquests darrers casos d'assentaments i ocupacions amb caràcter estacional en coves i abrics, en els quals les restes d'ovicaprins poden suposar el 90% de les restes de fauna.

Al pla de Barcelona, en canvi, la ramaderia de bovins i suïds constitueix una activitat significativament rellevant en moments del neolític antic. Al jaciment de Reina Amàlia, on ha estat possible avaluar el paper de l'activitat ramadera durant un ampli interval temporal (4700-4300 cal ANE), no s'observen canvis significatius a nivell diacrònic. Les lleus oscil·lacions que es documenten en la representació de les diferents espècies animals, bàsicament en els ovicaprins, són resultat de l'ús efectuat dels diferents espais de l'assentament i del canvi en la seva funcionalitat al llarg del temps més que no de modificacions substancials de l'estratègia ramadera implementada. Pel jaciment de Sant Pau de Camp, es disposa també de dades relatives al Bronze final. Si bé la mostra recuperada i estudiada d'aquesta cronologia és reduïda, els resultats obtinguts apunten cap a que la gestió polivalent de les principals espècies domèstiques continuava constituint l'eix vertebrador de les estratègies de gestió animal.

La importància de la ramaderia en aquests tres jaciments del pla de Barcelona no exclou la pràctica d'una gestió complementària i diversificada dels recursos salvatges disponibles al litoral i entorn circumdants. Encara que amb freqüències de representació baixes, s'ha documentat la cacera de porc senglar, cabra salvatge, cérvol, cabirol i conill. Entre els petits carnívors es documenten també puntualment restes de guilla i teixó. A l'igual que pel gos

domèstic, d'aquestes dues darreres espècies no es disposa d'evidències arqueològiques del seu consum habitual. La presència en alguns casos de traces de processat que mostren la seva manipulació intencionada poden relacionar-se també amb el proveïment de matèries primeres i pells.

Encara que la domesticació animal, i amb ella la ramaderia, suposin un punt d'inflexió transcendental en les maneres de gestionar els animals, els recursos adquirits a partir de la cacera i la recol·lecció continuaven jugant un rol fonamental en el proveïment d'aliment en determinades èpoques de l'any. La modalitat de ramaderia practicada, amb complementarietat entre espècies i productes explotats, demostra que es podia disposar d'aliment i matèries d'origen animal durant tot el cicle anual, a partir de la combinació probablement de les diferents pautes de reproducció i requeriments alimentaris dels ramats de bovins, suïds i ovicaprins. Tot i així, el recurs a la cacera no s'abandona. Tal com demostren els jaciments neolítics estudiats del Pla de Barcelona, les espècies salvatges representades continuen sent les mateixes que les documentades en jaciments corresponents a les darreres societats caçadores i recol·lectores. Malgrat la seva importància quantitativa hagi disminuït, hi ha una certa continuïtat en les espècies caçades. D'aquesta manera, el punt d'inflexió significatiu que suposà la domesticació animal, s'ha de buscar més aviat en les possibilitats que obre el fet de poder gestionar i explotar les poblacions d'animals en estat viu. La documentació pels assentaments de Reina Amàlia i Caserna de Sant Pau de la pràctica d'una estratègia ramadera polivalent, en el marc de la qual la qual es combinen la producció làctia, de carn i l'ús de l'animal com a mitjà de treball, n'és un bon exponent. Les dinàmiques demogràfiques representades en els histogrames d'edat per les diferents espècies domèstiques reflecteixen al mateix temps un interès primordial envers el manteniment dels ramats, aspecte aquest darrer que implica un estret control de les pautes i ritmes de reproducció animal. No es pot parlar ja doncs de ramaderia inicial.

## **BIBLIOGRAFIA**

BORDAS, A. *et al.* (2013). El neolític antic i l'inici de l'edat del bronze a les excavacions del Nou Conservatori del Liceu. *Quarhis*, II- 9: 120-137.

COLOMINAS, L.; LLADÓ, E.; SAÑA, M. TORNERO, C. (2008). La gestió dels recursos animals durant les ocupacions de l'assentament de la Caserna de Sant Pau. *Quarhis*, II-4: 57-63.

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, 27–66.

SAÑA, M. (2011). La gestió dels recursos animals, in: A. Bosch, J. Chinchilla and J. Tarrús, eds. El poblat lacustre del neolític antic de La Draga. Excavacions 2000–2005. Girona: CASC - Museu d'Arqueologia de Catalunya, pp. 177–221.

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.





## CAPÍTULO 4

### **Buscando explicaciones a la variabilidad en la gestión animal a inicios del Neolítico: cuestiones de representatividad en Arqueozoología**

#### **4.1. Condición del yacimiento y variabilidad de los conjuntos de restos de fauna: necesidad de la arqueotafonomía para el conocimiento de la gestión ganadera.**

El estudio de la representatividad de los restos arqueológicos es un factor clave para inferir en la dinámica social y económica de las primeras sociedades agro-pastoriles. La evaluación del impacto que los diferentes procesos tafonómicos han tenido en el asentamiento permite verificar hasta qué punto se ha visto afectada la representación de la dinámica social. El análisis de los restos de fauna, considerados como el producto de los procesos de trabajo, distribución y consumo, permitirá obtener información sobre las estrategias de gestión y explotación de los recursos animales. La información que podemos obtener de los restos de fauna, integrados con la información que nos proporciona el registro arqueológico, nos permite incidir en la organización social de las estrategias económicas desarrolladas durante el Neolítico en el Noreste Peninsular. Siguiendo los trabajos de Estévez (1991) y Saña (1999), los diferentes procesos de trabajo implicados en la subsistencia y mantenimiento de los grupos humanos quedan reflejados en los restos de fauna recuperados durante la excavación arqueológica. La dinámica espacial de los restos de fauna aporta información sobre la organización en el espacio de la actividad económica (procesos de producción, distribución y consumo: Estévez, 1991).

Se presenta en este capítulo una evaluación de los aspectos relacionados con la representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna en la investigación arqueológica. En primer lugar, se aborda la representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna en el plano arqueológico. Se caracteriza la dinámica de acumulación y modificación de los conjuntos de restos de fauna, incidiendo en los procesos que intervienen en su deposición y enterramiento y en cómo puede verse condicionada de manera diferencial la muestra por diferentes agentes y procesos tafonómicos. Se trata de forma concreta los factores que intervienen en la composición de los conjuntos de restos de fauna teniendo en cuenta el tipo de yacimiento y de las características del entorno (terrestre o lacustre), aplicando específicamente esta evaluación al estudio de los inicios del Neolítico en el noreste de la Península Ibérica

Uno de los aspectos principales en la interpretación arqueozoológica tiene que ver con la dinámica de acumulación y modificación de los conjuntos de restos de fauna (Bonnichsen, 1989). Establecer la historia de formación de los conjuntos es pues una operación básica, teniendo en cuenta que la representatividad de estos conjuntos se ve condicionada por diferentes agentes y procesos tafonómicos (Lyman, 1994). El potencial de información debido a las diferencias de orden cuantitativo o cualitativo entre la población depositada y la recuperada condiciona su interpretación y su representatividad histórica (Johnson, 1985; Gifford-González, 1991; Lyman, 1994).

De manera más concreta, una de las principales problemáticas en torno al análisis de los restos de fauna es la relacionada con la dinámica de deposición y alteración/modificación post-deposicional. La identificación y clasificación de las diversas transformaciones producidas durante el enterramiento de los restos y su posterior proceso de descomposición, así como los criterios de recuperación y registro durante el proceso de excavación y estudio de los restos, son esenciales para comprender la dinámica de formación del yacimiento e interpretar de forma objetiva los resultados obtenidos.

La posible complejidad en la formación de los yacimientos hace que se documente una gran diversidad de los mismos. Es por este hecho que cabe remarcar la importancia en el estudio del contexto arqueológico y los procesos de trabajo que han participado en la formación del conjunto. De este modo, habrá conjuntos resultado de una actividad concreta y otros de la suma de actividades específicas. Dada la diversidad de factores y agentes que intervienen en la formación de los diferentes conjuntos arqueológicos y el contexto de recuperación se hace necesaria una propuesta metodológica que integre las condiciones específicas (ambientales y antrópicas) de cada yacimiento con el objetivo de documentar e interpretar los resultados obtenidos en el análisis de los restos de fauna.

Se expone a continuación la aplicación de estos principios al análisis arqueotafonómico de los restos de fauna recuperados en el yacimiento de la Draga a modo de ejemplo de cómo la condición del yacimiento puede influir en los resultados obtenidos y su interpretación, demostrando con esto la importancia de los estudios arqueotafonómicos. El marco conceptual y criterios aplicados se especifican en el apartado de metodología del artículo y se complementan en el apartado de metodología (véase el capítulo 2).

El yacimiento arqueológico de la Draga (Banyoles, Pla de l'Estany) es idóneo con este propósito pues cuenta con la particularidad de que los diferentes sectores intervenidos presentan

características diferenciales en lo relativo a su condición a causa del cambio de nivel de las aguas del lago en época histórica, diferenciándose entre un sector terrestre emergido, un sector ubicado en el nivel freático perenne y un sector subacuático completamente sumergido, permitiendo por tanto el análisis comparativo directo al ser resultado los conjuntos faunísticos de acciones sociales sincrónicas. El análisis se ha centrado en evaluar cómo la diferente condición del yacimiento influye en la composición y características de los conjuntos de restos de fauna, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo. Los resultados obtenidos del análisis tafonómico comparativo efectuado entre los diferentes sectores permiten efectuar una estimación del grado de representatividad histórica de los conjuntos en cada uno de los espacios del yacimiento, incidiendo en los sesgos más significativos y los mecanismos disponibles para su potencial identificación y corrección, sesgos y mecanismos que son extrapolables a otros conjuntos y yacimientos y que pueden servir, por tanto, como referente para evaluar el grado de representatividad de los conjuntos de restos de fauna en contextos de cronología neolítica. A continuación, y en base a los resultados obtenidos a partir de este análisis tafonómico, se evaluará si los modelos propuestos en torno a la gestión ganadera durante el Neolítico pueden o no estar sesgados por cuestiones de sobreestimación tafonómica, teniendo en cuenta que los patrones de explotación de los rebaños domésticos se sustentan en los perfiles demográficos establecidos a partir de los restos de fauna y que la preservación de dichos restos se ve afectada de forma diferencial en función de la edad de animal.

#### **4.1.1. Arqueotafonomía, yacimientos neolíticos y gestión ganadera: agentes y procesos de índole natural que condicionan la representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna**

4.1.1.1. Saña, M; Bogdanovic, I; Navarrete, V. 2014. Taphonomic evaluation of the degree of historical representation of the faunal samples in anaerobic versus aerobic environments: the Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). *Quaternary International* 330: 72-87.

*The site of La Draga is located in the central part of the eastern shore of Lake Banyoles, 172 m a.s.l. Archaeological work began in 1990. It is the only Early Neolithic lakeshore site in the western Mediterranean currently being excavated. Two different occupations have been documented within a timeline of 5430e4796 cal BC. An extent of about 800 m<sup>2</sup> has been excavated out of the minimum surface area of 8000 m<sup>2</sup>. An added peculiarity is that different*

*excavated sectors have distinct characteristics regarding their condition, due to the changing water levels of the lake in historic times: Sector A (328 m<sup>2</sup>) is the emerged land sector; Sectors B and D (132 m<sup>2</sup> and 48 m<sup>2</sup> respectively) are located in the perennial phreatic level; and Sector C (310 m<sup>2</sup>) is completely underwater. The analysis of more than 20,000 retrieved faunal remains evidences the exploitation of at least 51 different animal species (46 wild and 5 domestic). Comparative taphonomic analyses performed on assemblages in the terrestrial and phreatic sectors have focused on evaluating how the different conditions at the site influence the composition and characteristics of samples, both quantitatively and qualitatively. Emphasis is placed on the specific and anatomical variability documented in each sector, the proportions of mature and immature animal bone remains and on the animal carcass integrity. The estimation of the degree of historical representation of the faunal assemblages in each of the excavation sectors shows important differences between peat/anaerobic and dry/aerobic environments, documenting significant biases in sector A. These results demonstrate that the identification of taphonomic processes that operate at intrasite level and their effects are crucial data with important implications for the understanding of past social and economic dynamics.*



# Taphonomic evaluation of the degree of historical representation of the archaeological bone samples in anaerobic *versus* aerobic environments: The Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain)



María Saña<sup>a,\*</sup>, Igor Bogdanovic<sup>b</sup>, Vanessa Navarrete<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Laboratorio de Arqueozoología, Departament de Prehistòria, Edifici B, Campus de la UAB, Bellaterra, 08193 Cerdanyola del Vallès, Spain

<sup>b</sup> Laboratorio de Simulación de Dinámicas Sociales e Históricas, Departament de Prehistòria, Edifici B, Campus de la UAB, Bellaterra, 08193 Cerdanyola del Vallès, Spain

## ARTICLE INFO

### Article history:

Available online 3 October 2013

## ABSTRACT

The site of La Draga is located in the central part of the eastern shore of Lake Banyoles, 172 m a.s.l. Archaeological work began in 1990. It is the only Early Neolithic lakeshore site in the western Mediterranean currently being excavated. Two different occupations have been documented within a timeline of 5430–4796 cal BC. An extent of about 800 m<sup>2</sup> has been excavated out of the minimum surface area of 8000 m<sup>2</sup>. An added peculiarity is that different excavated sectors have distinct characteristics regarding their condition, due to the changing water levels of the lake in historic times: Sector A (328 m<sup>2</sup>) is the emerged land sector; Sectors B and D (132 m<sup>2</sup> and 48 m<sup>2</sup> respectively) are located in the perennial phreatic level; and Sector C (310 m<sup>2</sup>) is completely underwater. The analysis of more than 20,000 retrieved faunal remains evidences the exploitation of at least 51 different animal species (46 wild and 5 domestic). Comparative taphonomic analyses performed on assemblages in the terrestrial and phreatic sectors have focused on evaluating how the different conditions at the site influence the composition and characteristics of samples, both quantitatively and qualitatively. Emphasis is placed on the specific and anatomical variability documented in each sector, the proportions of mature and immature animal bone remains and on the animal carcass integrity. The estimation of the degree of historical representation of the faunal assemblages in each of the excavation sectors shows important differences between peat/anaerobic and dry/aerobic environments, documenting significant biases in sector A. These results demonstrate that the identification of taphonomic processes that operate at intrasite level and their effects are crucial data with important implications for the understanding of past social and economic dynamics.

© 2013 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

## 1. Introduction

Most archaeotaphonomic studies conducted in recent years focus on the assessment of the effects of different agents (biological, physical, chemical and anthropic) at archaeological sites in general and on faunal remains in particular. Few of these studies refer to archaeological deposits in Mediterranean lacustrine locations (Stewart, 1999), although in north and centre of Europe regions published studies on this topic are more common, especially in the Circum-Alpine area, where wetland sites are abundant

(Schibler and Jacomet, 2005, 2010; Schibler, 2006). The Neolithic site of La Draga, the oldest waterlogged site currently being excavated in the western Mediterranean, provides interesting data about faunal assemblage formation processes at archaeological sites, in both dry and wet conditions. At La Draga, the presence of areas with highly favourable conditions for the preservation of organic matter, together with areas of dry land, means that a detailed study can be made, comparing the variability of effects that the same agent or process can have on archaeological bones. Crucial data can thus be provided for an understanding of the correlations between the deposition and burial environment, biogenic alteration, and the degree of preservation of animal bones. The objective of this study is to assess, according to the conditions in each sector (terrestrial or phreatic), whether or not faunal assemblages are affected differentially and, in consequence, exhibit different degrees of preservation that might condition their interpretation and

\* Corresponding author. Autonomus University Barcelona, Prehistory, Edifici B, Campus UAB, E-08193 Bellaterra, Barcelona, Spain.

E-mail addresses: [maria.sana@uab.cat](mailto:maria.sana@uab.cat) (M. Saña), [Igor.Bogdanovic@uab.cat](mailto:Igor.Bogdanovic@uab.cat) (I. Bogdanovic), [vanessa.navarrete@uab.cat](mailto:vanessa.navarrete@uab.cat) (V. Navarrete).

historical representativeness. All the assemblages studied are consequence of human activity, and faunal remains deposited naturally are not included.

After a bone is discarded and is deposited on the land surface, many processes might condition its preservation or destruction (Behrensmeier, 1978), acting on any scale from regional to micro-spatial. Temperature, soil moisture regimes, and nature and characteristics of the sedimentary matrix, are some of the most often cited variables (Lyman and Fox, 1989). In the case of La Draga, the variability may be significant, if it is taken into account that part of the remains has been subjected to conditions without oxygen and continuous saturation, whereas others have remained in a dry environment and exposed to subaerial weathering. Several authors have highlighted the need to consider this variability at an intra-site scale (Klein and Cruz-Urbe, 1984) or between nearby sites with contemporary occupations (Marean, 1991) as a way to minimise the biases in historical interpretation. La Draga is currently one of the few settlements where this kind of study can be conducted at an intra-community scale, and this gives the results a high level of resolution.

The data obtained through actualistic research based on taphonomic experimentation show that a direct correlation exists between the depositional setting and the rate of post-mortem change in the organic matter (Marean, 1991). The action of micro-organisms (Bell et al., 1996), the sediment type and pH, temperature and humidity directly influence the decomposition rate of the organic matter. The sedimentation rate and the action of atmospheric agents determine the dynamics of burial processes. Once they become integrated in the sedimentary matrix, the bone remains continue to be subjected to physical, chemical and biological agents, which might affect their mineral matrix, the collagen content and their structure (histology, porosity) (Hedges, 2002). The intrinsic properties of the bone and its components also condition the decomposition and deterioration rate (Thomas et al., 2012). A close correlation has been described between the integrity of the collagen and the degree of histological preservation of bones, and this is highest in static flooded environments. The loss of collagen contributes to a reorganisation at a micro-structural level, causing

changes in micro-porosity and crystallinity of the bone (Nielsen-Marsh, 2000).

According to these results, the bone remains discarded in Sector A at the archaeological site of La Draga are more likely to reach a more advanced stage of deterioration and have a faster decay path than those in Sector B. In the case of the faunal remains deposited in Sector B, microbial activity would be non-existent (Hedges, 2002), as bacterial action is inhibited in anaerobic conditions (Armstrong, 2010). In this sector, the potential taphonomic alterations will largely depend on the dynamics of the phreatic level. The preservation of the material depends mainly on the chemical conditions remaining stable (Welsh and Thomas, 1996), as the chemical balance is a crucial factor for the preservation of bones at flooded sites (Holden et al., 2006).

The present assessment is based on a comparative analysis between Sectors A and B at La Draga, and is focused on the characterisation of the composition of the assemblages, not in terms of the alteration of the bones, but by analysing the anatomical and taxonomical variability, the degree of integrity of the skeletons and the age of the individuals, and all these aspects in connection with the spatial articulation of the faunal remains. These are the key aspects used in archaeozoology to infer the social and economic dynamics of past societies. In this way, the impact that taphonomic processes have had on the assemblages has been assessed, so that the taphonomic biases between the different sectors could be determined and compared. It is then possible to verify whether or not the archaeological representativeness of the social dynamics has been affected, and if so, to what degree.

## 2. Archaeological setting

La Draga (Banyoles, NE Iberian Peninsula) is an archaeological site corresponding to a settlement of one of the first farming communities in the western Mediterranean. It is located on the eastern shore of Banyoles Lake, 40 km from the Mediterranean coast and at 172 m a.s.l. (Fig. 1). It is dated between 5400 and 5000 cal BC. Banyoles Lake is a karst landform and is fed by underground waters. The archaeological site is located on a small

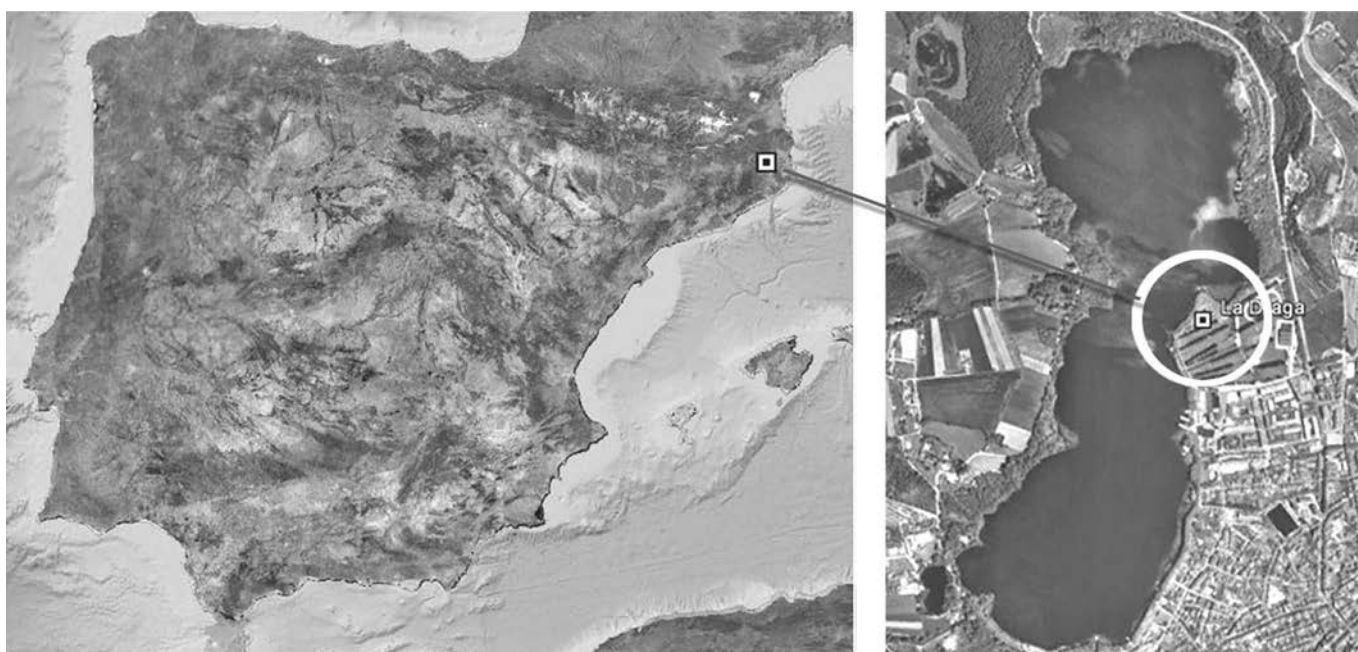


Fig. 1. Geographical location of *la Draga* Neolithic site (NE Iberian Peninsula; UTM zone 31 T, 480043.00 m E, 4663862.00 m N).

peninsula on the eastern shore of the lake and archaeological surveying indicates that it occupies a surface area of about 8000 m<sup>2</sup>. The extension of the site is confirmed by 34 test-cuts and geologic perforations (Bosch et al., 2000). In the Neolithic, the site sloped from south to north and from east to west, with a drop of up to two metres. Part of the site, the former Neolithic shore, is now under water in the lake, while other excavated areas are on dry land. Archaeological research has concentrated on the best preserved 3000 m<sup>2</sup>, in the northern part of the site (Fig. 2).

An area of 328 m<sup>2</sup> in the SE part of the site (Sector A) was excavated from 1991 to 1995. This is the highest part of the site, with the perennial phreatic level located about 70 cm below the archaeological levels. In Sector A, the archaeological level studied here (Level III-B) consists of a series of built structures (travertine paving, hearths), waste pits, and post-holes representing huts or possibly barns, excavated in the lacustrine lime mud, the natural sedimentation level of the lake. The faunal remains were recovered from a stratum 20 cm thick, consisting of peat and organic remains. Sector B is located in the central part of the site, closer to the modern lake shore. It was excavated from 1997 to 2005, over an area of 126 m<sup>2</sup>. The archaeological level is at greater depth than in Sector A, with the water table located about 40 cm above the archaeological level. In Level III-B in Sector B, the presence of travertine blocks is minimal, and instead there is a large accumulation of remains of building wood (averaging 30 cm thick), situated directly on the lacustrine lime mud (Fig. 3).

These variations in the groundwater level have affected the preservation of the archaeological materials. In Sector A, no wooden artefacts have been recovered and the pointed ends of the hut post are about 70 cm below the archaeological level, coinciding with the position of the water table. The categories of archaeological remains recovered in this area are mainly pottery and fauna. In contrast, in Sector B, the archaeological remains have been under the water since the settlement or features were abandoned, and therefore wooden artefacts, basketry, posts and beams of the Neolithic constructions have been preserved. The important volume of water and the anaerobic conditions have prevented the decomposition of organic matter in Sector B, and thus the physical

and chemical characteristics of the faunal and botanical remains have been preserved.

According to the radiocarbon dates obtained from both sectors of the site (A and B), counting only on short-life samples (cereal and animal bone) and on results with smaller standard deviation (between  $\pm 70$  and  $\pm 27$  years), the maximum intervals of occupation are widely contemporaneous. For Sector A the maximum interval of dates calibrated at  $2\sigma$ , is 5218–5023 cal BC, while the interval for Sector B is situated between 5220 and 4981 cal BC (Bogdanovic et al., 2011). Additionally to the radiocarbon dates, general site stratigraphy and the results of site survey tests (Bosch et al., 2012a), the characteristics of archaeological remains and features and site structure demonstrate that sectors A and B correspond to the same settlement and represent the same historical dynamics (Bosch et al., 2000, 2011, 2012b).

### 3. Materials and methods

To date, a total of 21,793 animal bone remains have been recovered at the site of La Draga, with a total of 51 different animal species identified. Out of a total of 23,508 archaeological remains recorded in Sector A, 9855 (42.3%) are animal bone remains. Most of these (90.18%) were discarded in a surface without constructed features, in the northern and southern parts of the excavated area. The spatial distribution analyses of the faunal remains evidence that these spaces were areas where waste was progressively accumulated (Saña, 2000). All the faunal remains are the result of domestic activities carried out at the settlement, and no selective abandonment of the waste could be documented. In Sector B, the number of faunal remains recovered ( $n = 3952$ ) represents 76.85% of the total of archaeological remains. Bearing in mind the size of the areas excavated in each sector, the density of remains is similar, with 30.04 remains/m<sup>2</sup> in Sector A and 31.36 remains/m<sup>2</sup> in Sector B.

The study has concentrated on the remains of large mammals, as the recovery of other categories (fish, insects, molluscs) has followed different criteria during the excavations. This category represents a percentage of 95.19% of the total of faunal remains in Sectors A and B. Within mammals, the analysis has focused on the four domestic species: sheep, goat, cattle and pig. All the faunal remains are spatially recorded during excavation, combined with water-screening of the sediment.

Each bone was classified anatomically and taxonomically, and the location and intensity of alteration of the bone surfaces were recorded according to the agent (biological, physical or chemical). Weathering stages are established following the systematisation proposed by Behrensmeier (1978). In the case of fractures, the location (anatomical position), type (according Marshall, 1989) and intensity of fragmentation (established by fragment size) were also recorded with the aim to identify fracture agent and condition of the bone when it was fractured. The age of the animals was estimated according to the works of Amorosi (1989), Grant (1982), Brown et al. (1960), Bull and Payne (1982) and Silver (1969). The quantification of the assemblages was based on the Number of Identified Specimens (NISP) and the Minimum Number of Individuals (MNI) of each species, the amount of biomass potentially supplied and the weight of the remains. As it was possible to associate several skeletal elements to the same animal, either through refits or anatomical connections, a new unit was used called IES (individualised elements of the same individual). The criteria used for this attribution, in the cases of no refits or direct connections, were the age of the animals, the size, spatial distribution of the remains and taphonomic characteristics. Since the intrinsic properties of the bone (tissue, chemical structure) also influence the decomposition rate, the skeletal variability recorded

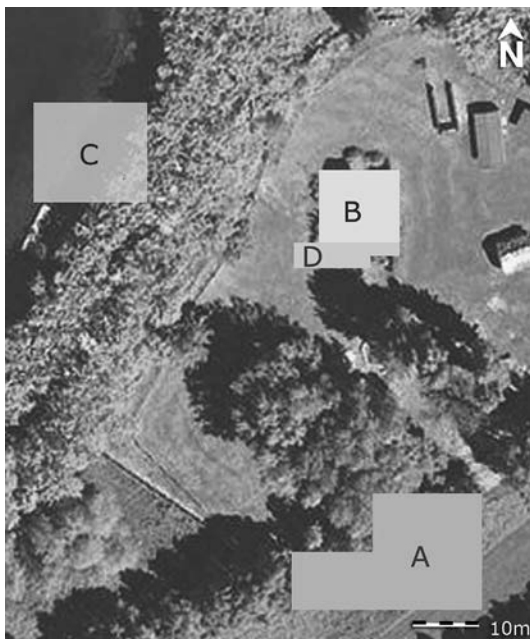


Fig. 2. Localisation of the excavated sectors: sector A: emerged land sector; Sectors B/ D: perennial phreatic level; Sector C: underwater.



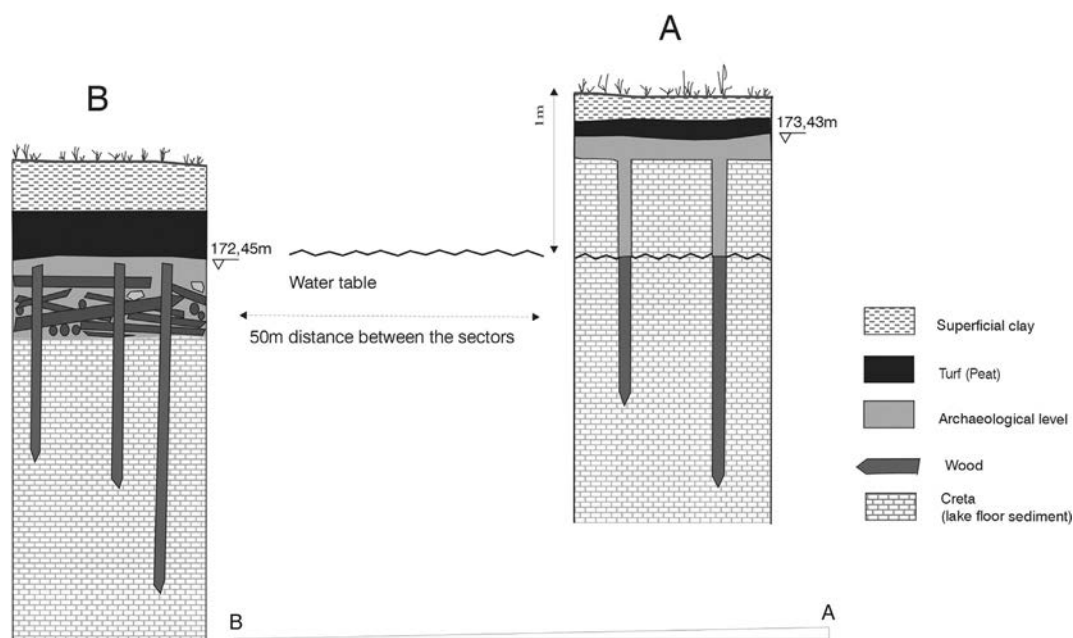


Fig. 3. Representation of the differences in the stratigraphy between Sector A and Sector B, with indication of the localisation of the water table.

for each animal species has also been measured. This calculation took into account the representation frequencies of each element individually and the different elements grouped into anatomical parts. For this, the skeleton was divided into five parts according to their greater or lesser contribution to meat production: head, trunk, fore limb, hind limb and distal parts of the extremities (carpal and tarsal bones, metapodials, sesamoids, and phalanges). The comparative analysis of the percentage of representation of each part took into account the different number of elements in each one, by weighting the results.

The parameters used for the comparative analysis enable an assessment of the degree of integrity of the assemblages in Sectors A and B according to the taxonomic and skeletal variability, age at death of the animals and anatomical and spatial integrity. It was thus possible to determine whether or not taphonomic loss occurred and if so, identify the potential biases in resulted historical inferences. As the bones are the remains of production and consumption generated by the same Neolithic community (Bogdanovic et al., 2011; Bosch et al., 2000, 2011, 2012b), *a priori* the composition of the assemblages in each sector should represent the same strategies of animal management. The archaeological features and elements documented in each sector do not evidence differential spatial organisation related to animal resources exploitation. There is also no evidence of specialised working areas or specific uses of space that might result in different compositions of the faunal assemblages (Saña, 2000, 2011). The bone samples are quantitatively large and the excavated areas are sufficiently extensive to guarantee the significance of the results.

## 4. Results

### 4.1. Variability in weathering and fragmentation patterns

The study of the state of the bone surfaces reveals significant differences between the remains recovered in Sector A and those from Sector B. Following the systematisation proposed by Behrensmeier (1978), the proportion of advanced weathered bones in Sector A is 12.09%, whereas in Sector B the deterioration is incipient and the percentage falls to 0.3%. The most frequent

alterations documented in Sector A are hairline cracks on the bone surface perpendicular to the long axis of the bone, especially on shaft fragments, and flaking of the cortical surface (Fig. 4). These characteristics demonstrate that the bones were deposited on the surface for a considerable span of time. In Sector B, the bones buried more quickly, which inhibited the deterioration caused by atmospheric agents (Lyman and Fox, 1989), and their surfaces are homogeneous and dark. The frequent observation of root etching (35.7%) on the bones in Sector A is evidence for their contact with vegetation during deposition, exposition or burial phases, whereas in Sector B the percentage is significantly smaller (3.9%). Another characteristic enabling the macroscopic differentiation of the remains in Sector A from those in Sector B is the colour, as the latter display the typical dark and homogeneous colouring of continuous immersion in water, with edges that are generally polished (Fig. 5). However, the high variability registered in colour is difficult to explain, basically because of the scarcity of experimental work carried out in this field (Bell and Elkerton, 2007). The darker colouring may be due to the bone canaliculi being filled with the gas produced by the decomposition of organic matter or to humic acid (Bocherens et al., 1997).

The exposure of bones on the surface during long periods of time may permit the action of carnivores on them, and a positive correlation is often documented between the time of exposure and the degree of carnivore gnawing (Binford, 1981). In both Sectors A and B at La Draga, in general few modifications caused by carnivores have been detected on the bone surfaces. The species that could potentially cause this damage include the domestic dog, which is represented in both sectors. In Sector A the percentage of bone remains with carnivore damage is 0.6% and in Sector B it is 0.4%. They are both relatively low percentages and very similar to each other.

Due to their more advanced stage of deterioration, the bone remains deposited in Sector A may exhibit less resistance to fragmentation than those in Sector B. The loss of water content, which occurs more rapidly in conditions of aerial exposure (Johnson, 1960), will have contributed to a decrease in bone resilience, thus increasing the possibility of the natural fracture of the bones deposited in Sector A in comparison with those in Sector B. One of



Fig. 4. Bone remains recovered in Sector A with hair-line cracks on the bone surface and flaking of the cortical surface.

the procedures proposed to evaluate this aspect (Chaix, 1976; Munson and Garniewicz, 2003) is to compare the number of isolated teeth with the number of teeth remaining in place in the mandible. This comparison has been made through correspondence analysis in which Sectors A and B are correlated with the number of remains of isolated incisors, premolars and molars (both deciduous and permanent) of ovicaprines, pig and cattle, and the numbers of the same teeth still in the mandible, also taking into account the number of whole mandibles of each species found in each sector (Fig. 6).

As can be seen in the graph with the results, Sectors A and B demonstrate different dynamics. Whereas Sector A correlates positively with the isolated teeth, the whole or partially whole mandibles of pig and ovicaprines are grouped in Sector B. The *Bos taurus* remains exhibit a particular dynamic, characterised by a relatively high correlation with the isolated incisors. The results therefore support the relatively better completeness of the bone remains in Sector B. It is significant, for example, that ovicaprine teeth are isolated in 4.58% of the cases in Sector B, while in Sector A the percentage increase to 85.9%. It can also be observed that in general premolars and incisors are grouped differently from the molars, a trait connected with their size and position in the mandible. Actualistic studies (González et al., 2012) have shown, for

example, that in the case of the guanaco, incisors and canines were dislodged from their alveoli after being exposed for six months, whereas molars and premolars remained in their alveoli for 48 months.

#### 4.2. Variability in animal species representation

The analysis of species variability from a taphonomic perspective is usually based on the size of the animal, as the remains of smaller animals are affected most by post-depositional processes (Behrensmeyer et al., 1979). At the site of La Draga, the differences between Sectors A and B in the number of remains of fish, birds, molluscs and micromammals are difficult to evaluate in the terms of this parameter as a consequence of the different criteria used during sampling. Gifford (1981) suggests another parameter to measure the variability which may be of interest in this case, since different deterioration rates might occur among taxa of similar size, for example equids and bovines, as the former have bones with a higher structural density. Studies published since then point out, however, the small differences that have been noted (Lyman, 1984; Elkin, 1995; Lam et al., 1999), and to date, most of the results obtained indicate similar patterns among the species (Ioannidou, 2003). Stahl (1999) has even highlighted that the variability might be greater at an intra-specific level than an inter-specific one. Variables such as diet, physical condition of the animal, age, sex, state of health and activity levels may also influence the density of skeletal elements (Lyman, 1994; Symmons, 2005).

If the frequencies of representation of domestic species in Sectors A and B at La Draga are compared, the percentages of each species are seen not to vary significantly (Fig. 7). When the sectors are compared according to the domestic/wild component of the assemblages, no significant differences are observed either, as the wild species vary from 95% (Sector A) to 97.2% (Sector B). The species variability in the assemblages is therefore homogeneous and is not affected by the different conditions of the sectors.

The minimum number of individuals of each species in the two sectors is, however, significantly different, as 78.77% of the identified animals are concentrated in Sector B. Several authors have pointed out that the NISP/MNI ratio reflects the degree of fragmentation of the assemblages, as the NISP rises as the degree of fragmentation increases (Marshall and Pilgram, 1993; Lyman, 2008), although it has recently been pointed out that this correlation may be inverse in cases of intense fracturing (Cannon, 2012). The MNI has been calculated exhaustively, taking into account age, sex and size of the animals, the condition of the bones and their spatial distribution. As Fig. 8 shows, the smaller number of individuals identified in Sector A in comparison with Sector B is probably a consequence of this phenomenon, as the ovicaprines and bovines are under-represented in Sector A according to this unit of quantification. The calculation of the minimum number of individuals based on different skeletal elements is also used to assess whether the assemblage has experienced taphonomic loss. The boxplot in Fig. 9 represents the maximum and minimum overall values obtained for the MNI in each sector, differentiating between domestic species (for the ovicaprines, the values obtained for sheep and goats individually are not included). The skeletal parts quantified are the mandible teeth, scapula, humerus, radius, femur, tibia and talus. The results reveal significant differences between the two sectors, with a tendency towards the higher and more homogeneous representation of individuals of all species in Sector B than in Sector A, which displays greater variability, particularly in the case of the ovicaprines. The skeletal parts representing a larger number of animals are, in Sector A, the talus and mandibles. The higher degree of fragmentation of the remains deposited in Sector A has therefore conditioned the MNI in a



**Fig. 5.** Differences in colour between the bones recovered in Sector A and the bones recovered in Sector B. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

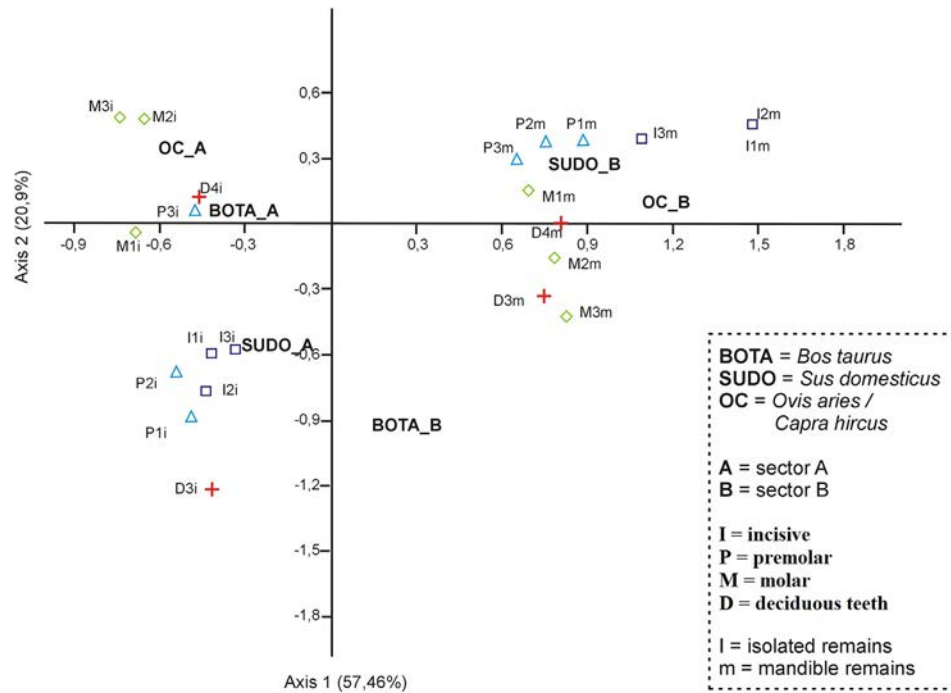


Fig. 6. Results of the analyses of the correlation of the relative representation frequencies of the tooth isolated remains and of the tooth remains in place in the mandible, by Correspondence Analysis.

different way from in Sector B. In fact, this aspect is also reflected in the percentage of remains susceptible to anatomical and taphonomic classification in Sector A (40.6%) compared with in Sector B (98.2%).

#### 4.3. Variability in anatomical representation

Relative frequencies of skeletal part representation are used in archaeozoology to infer patterns of acquisition, production, distribution and consumption of animal resources. Lyman (1984) pointed out that the mineral density and porosity of bones influences their survival, which may sometimes disguise patterns derived from human activity. As well as the bone density, the size may also affect the accessibility of the molecular constituents to extrinsic chemical reactions, also affecting the destruction rate (Von Endt and Ortne, 1984). The densest elements are more

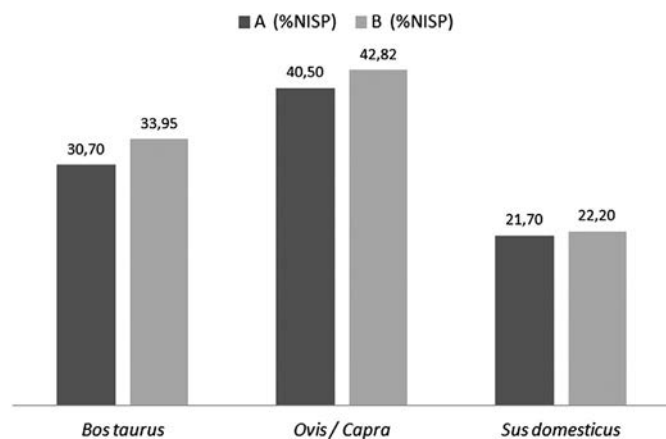


Fig. 7. Relative representation frequencies (% NISP) of the main domestic species (*Bos taurus*, *Sus domesticus*, ovicaprines) in Sectors A and B.

resistant to physical damage and are less susceptible to be transported (Moore and Norman, 2009). Several systematisations have been proposed based on bone density, normally differentiating between elements with a high probability of being preserved (bones with thick cortical walls, teeth, mandibles) and bones with less probability (cancellous bones: vertebrae, ribs, pelvis, scapula, epiphysis) (Marean, 1991).

The taphonomic biases in the skeletal variability are measured by the correlation between the observed and theoretical frequencies (the theoretical frequency of an assemblage is the frequency expected in an assemblage unaffected by taphonomic processes) (Moore and Norman, 2009). Several authors have determined bone density indices based on the mineral density of modern skeletons which are used as references for the study of archaeological remains (Brain, 1969; Behrensmeier, 1975; Binford and Bertram, 1977; Lyman, 1984; Kreutzer, 1992; Lyman et al., 1992; Nicholson, 1992; Lam et al., 1998). In the case of La Draga, the skeletal variability of sheep, pigs and cattle has been calculated for each sector using bone density as the measure of resistance to destruction. At La Draga, domestic animals were processed at the settlement and the whole carcass was discarded in the form of production and consumption waste. To measure the degree of preservation of the skeletal elements, the frequencies obtained for the distal and proximal epiphyses of the radius, humerus, tibia and femur of *Bos taurus*, *Ovis/ Capra* and *Sus domesticus* have been correlated. If the animal was processed whole at the settlement, *a priori* it is likely that they will be represented in equal proportions (Binford, 1981), unless the processing of the animal, the culinary treatment of the meat and the abandonment of waste affected the skeletal parts differently, a circumstance which has not been documented to date.

The results (Fig. 10) show a difference between Sectors A and B, with a negative correlation in the former and a positive correlation in the latter. The best represented parts in Sector A are the distal humerus (ovicaprines, pig, cattle) and the distal tibia. In contrast, in Sector B, similar frequencies exist for the proximal and distal

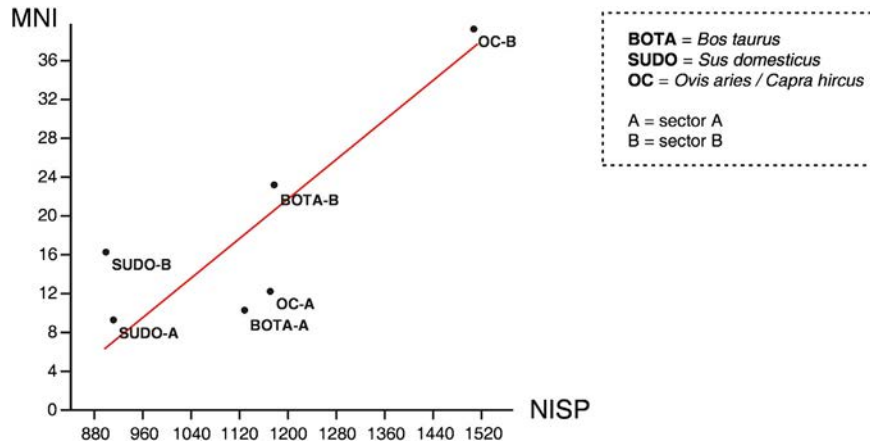


Fig. 8. Correlation between NISP and MNI (*Bos taurus*, *Sus domesticus*, ovicaprines) in sectors A and B.

epiphyses, except for the radius of *Sus domesticus*, tibia of *Bos taurus* and femur of the ovicaprines, as the proximal epiphyses are most frequent for these elements. These results indicate a tendency towards the predominance of bones with greater mineral density in Sector A, whereas in Sector B, differential destruction is not observed. For the same purpose, Stahl (1999) also proposed comparing the bone shafts with the epiphyses, as the former have higher relative bone density. When the frequencies of the representation of the proximal and distal epiphyses and shafts of the humerus, radius, tibia and femur are compared (Fig. 11), no significant differences can be detected in the representation of the shafts in the two sectors, with the most homogeneous values in Sector B. Unlike Sector B, in Sector A, the distal epiphyses and shaft fragments of the long bones are over-represented in comparison with the proximal epiphyses, which can be related with the differential destruction of bone matter in the elements of less mineral density. The recovery of cartilaginous remains in Sector B, which are normally absent at open-air sites, also supports the high relative preservation rate in this sector.

#### 4.4. Variability in domestic species slaughtering patterns

The estimation of the age of the animals in a faunal assemblage is essential to be able to interpret the strategies of animal management, exploitation and reproduction (production of meat, milk, manure, wool, the exploitation of animal energy, hunting and livestock strategies, etc.). The relationship between the ontogenetic

development of the skeleton and the survival of archaeological bones has been studied above all through actualistic research, and a correlation between the age of the animal and its possibilities of being represented in the archaeological record has been noted (Binford and Bertram, 1977; Behrensmeyer, 1978). Bone mineralisation begins in the pre-natal stage and reaches its highest level in the final growth stage, although this process is not linear and displays great intra-taxonomical variability (Ioannidou, 2003; Symmons, 2005). The different skeletal elements present different formation and development dynamics depending on the constituent tissues. This correlation occurs in both bones (Klein and Cruz-Urbe, 1984) and teeth (Steele, 2004). For the former, differential post-depositional destruction and loss has been noted between fused and non-fused bones; for the latter, differential mechanical and chemical destruction between mandibles with deciduous and permanent teeth (Munson and Garniewicz, 2003), as the alveolar bone protecting the teeth is thinner and lesser dense, and therefore it is more likely that they will become loose (Lam and Pearson, 2005). Experimental studies have shown that, for sheep, the structural density depends on the age of the animal rather than of the fusion stage (Symmons, 2005). To a lesser extent, sex is another variable to be considered, due to the differences in size and calcium content between adult male, female and castrated animals (Ioannidou, 2003).

The measurement of the variability in the faunal assemblages from Sectors A and B, in connection with the age of the animals at death, has been carried out at La Draga with the complementary

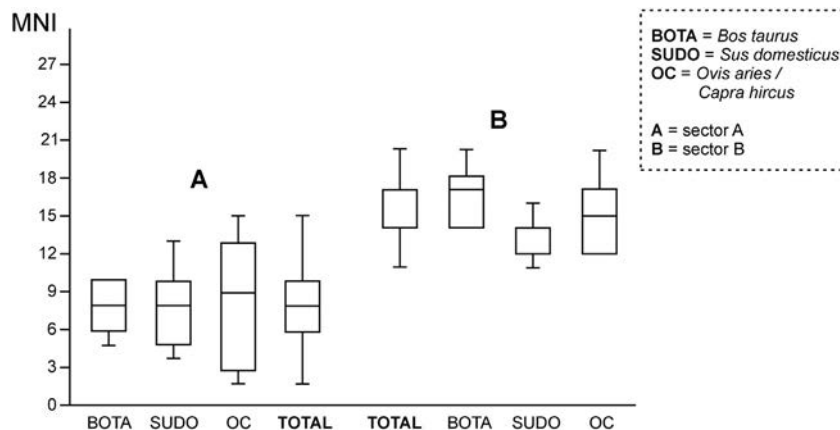


Fig. 9. Box plot comparison of the MNI values between Sectors A and B.

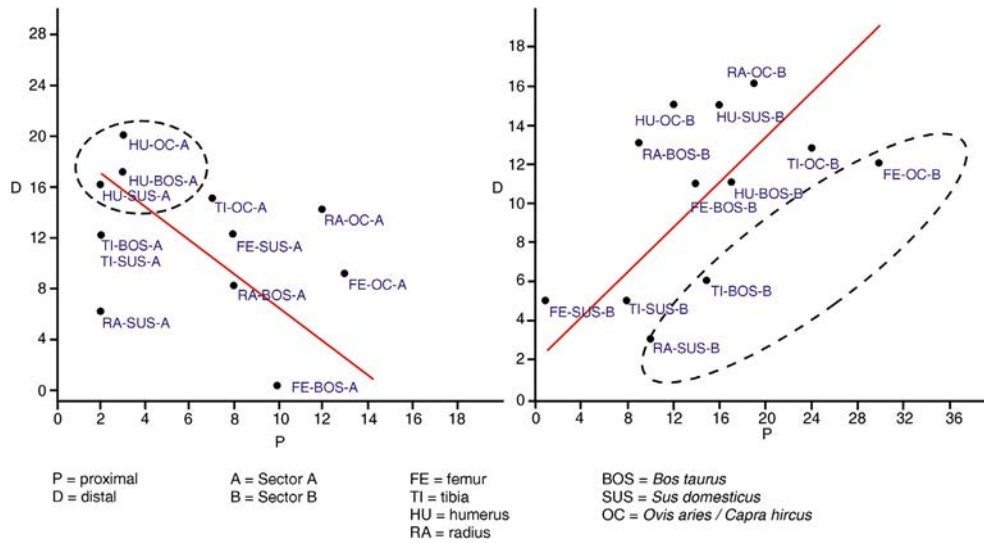


Fig. 10. Correlation between proximal and distal epiphyses in sectors A and B.

data of the teeth and post-cranial skeletal elements. For *Bos taurus* and *Sus domesticus* long bones, the analysis took into account the size of the animals and the state of fusion of the skeletal elements. For each one, the number of fused/non-fused bones has been compared, bearing in mind the age of fusion of each of the epiphyses according to the data published by Silver (1969). Similarly, the teeth of juvenile and adult specimens have been correlated (Lam and Pearson, 2005) for the domestic species.

In the case of *Bos taurus* (Fig. 12), the dispersion range obtained for the number of fused and non-fused remains recovered in Sector A is similar (0–100%), although the asymmetry between fused and non-fused bones is high and opposed, and the median of fused remains is relatively high (72.50% compared with 27.50%). In contrast, in Sector B, an inverse situation is documented, in which the data is concentrated, with maximum values for the fused remains. The median is greater for non-fused remains than for the fused bones. Thus the percentages are inverted in comparison with those for Sector A. The pattern obtained for *Sus domesticus* is similar, with even more highly concentrated values in Sector B, both for fused (0–18.18%) and non-fused bones (81.82–100%). In Sector A, the values for pig remains display a wide dispersion (0–100%). If these results are broken down according to skeletal elements and species, it can be seen that for *Bos taurus*, for example, whereas in Sector B the

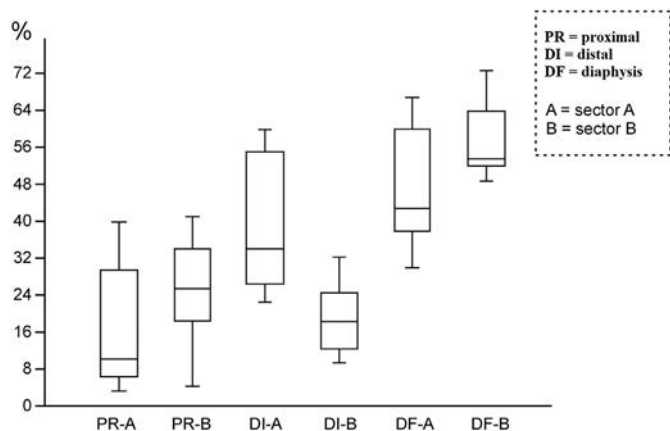


Fig. 11. Box plot comparison of the percentages of representation of proximal and distal epiphyses and diaphyses between Sectors A and B.

representation of non-fused remains is significant for all the skeletal elements (those that fuse at an early age and those that fuse later), in Sector A the number of non-fused remains increases progressively with the age of the animal (Fig. 13a and b). In this way, the bones of younger animals are less well-represented. The same trend is obtained (but inversely) if the fused remains are compared, as the fused elements of younger animals (between 7 and 20 months of age) are relatively over-represented in Sector B.

The integrated study of the representation pattern of deciduous teeth in relation with permanent teeth by correspondence analysis (Fig. 14) also shows inverse patterns in Sectors A and B. However, the ovicaprines (*Ovis aries/Capra hircus*) exhibit a different pattern, with an intermediate position, different from *Bos taurus* and *Sus domesticus*. The first axis clearly separates each of the excavation sectors, with a highly positive correlation between deciduous teeth and Sector B and between permanent teeth and Sector A. The second axis qualifies this information according to the age of dental eruption. Taking into account the different rate of destruction of deciduous and permanent teeth (Munson and Garniewicz, 2003), the results show that faunal remains deposited in Sector B are relatively more likely to be preserved.

In order to verify whether these trends are reflected in the age histograms, the age classes histograms for *Bos taurus* in each sector have been compared (Fig. 15). These show that in Sector A, specimens older than 24 months are represented more than in Sector B and vice versa. In the latter sector, neonate, infantile and juvenile individuals are relatively more abundant. To determine if the histograms reflect differential management of the species in each excavation sector or a differential preservation of the remains, the histograms for *Sus domesticus* in each sector have also been compared (Fig. 16). Again, in Sector A the adult individuals are over-represented in comparison with Sector B. These data confirm the trend seen above for anatomical variability, proving the different representation of the remains in the emerged and phreatic environments, with greater relative preservation of the elements in the latter conditions.

#### 4.5. Variability in the degree of physical and spatial integrity of the animal carcasses

In addition to formal modifications and bone loss, taphonomic agents may contribute to the spatial disturbance of faunal remains

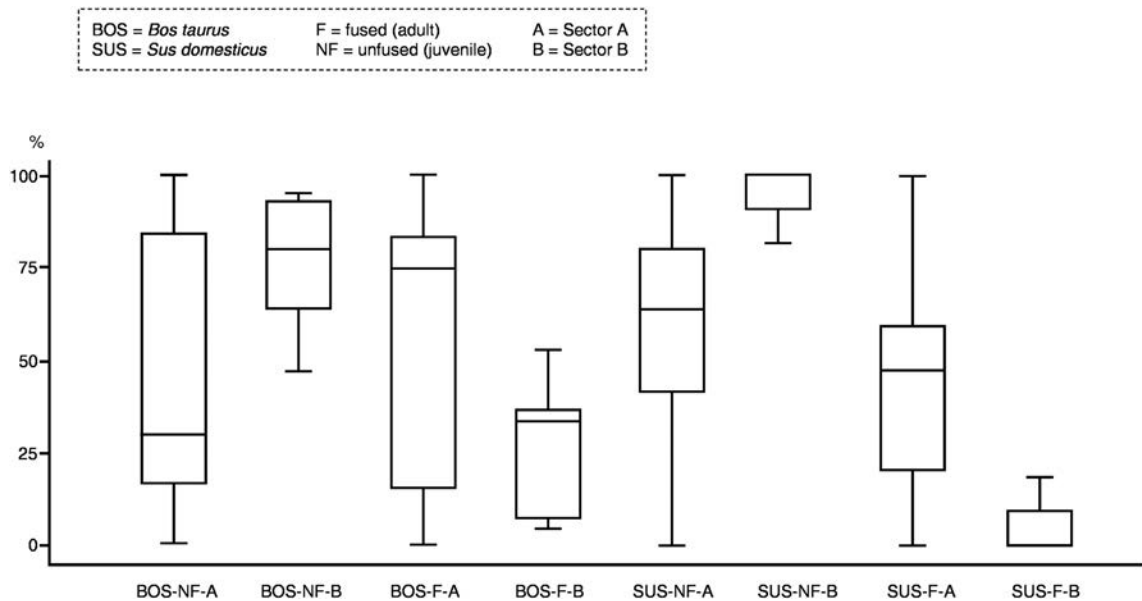


Fig. 12. Box plot comparison of the percentages of representation of fused and unfused bones (*Bos taurus*, *Sus domesticus*, ovicaprines) between Sectors A and B.

and destroy the original spatial relationships. In Sector A, atmospheric and biological agents would be most capable of contributing towards altering the spatial distribution of the faunal remains after they were deposited on the ground. In Sector B, potential water movements should be taken into account. If movements took place, intense abrasion would probably be seen on the bone surfaces. This has only been recorded very sporadically on the bones recovered in Sector B and is practically absent. The good state of

periosteum conservation in anaerobic conditions (Gaudzinski-Windheuser et al., 2010) would have avoided the direct abrasion of the bone surface.

The greater integrity of the skeletal elements in Sector B compared with Sector A is also documented at a more general level for the different animal carcasses. The anatomical refitting index (RI) (calculated over the total of NISP) is related to the way of processing, distributing, consuming and discarding the different

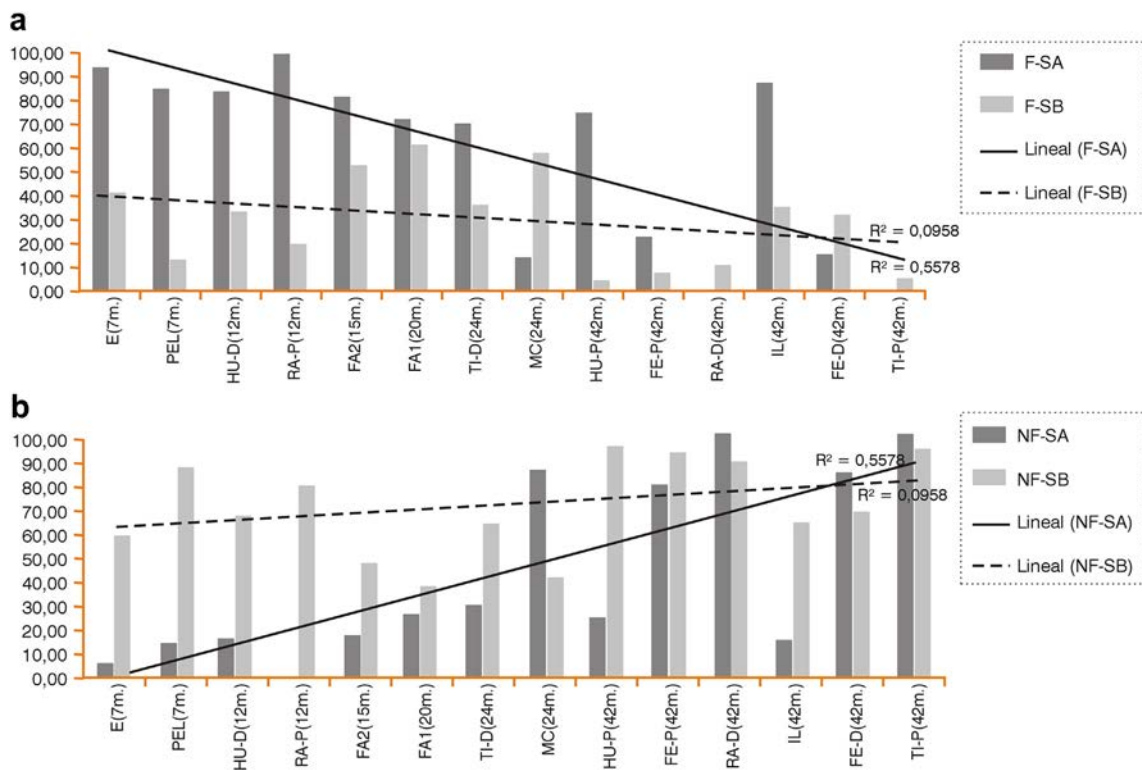
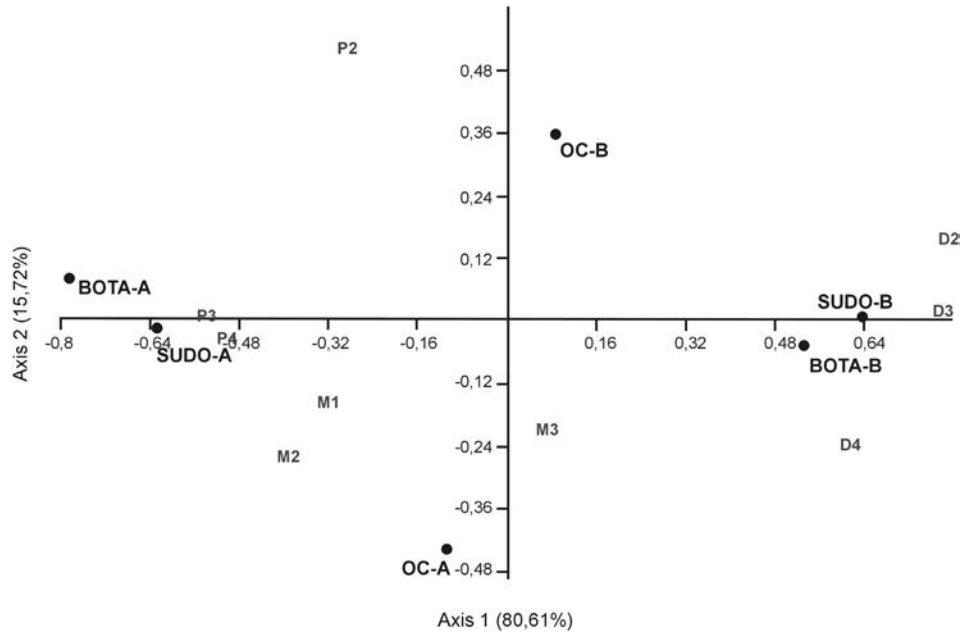


Fig. 13. a, b. Comparison of the percentages of representation of fused and unfused *Bos taurus* bone elements between Sectors A and B (F: fused; NF: no fused; SA: sector A; SB: sector B; m: month; FE: femur; IL: ulna; HU: humerus; MC: metacarpus; PEL: pelvis; FA: phalange; RA: radius; E: scapula; TI: tibia; P: proximal; D: distal). This analysis used (Silver, 1969): proximal articulation of the scapula (7 months), distal humerus (12 months), proximal radius (12 months), second phalange (15 months), distal femur (42 months), distal radius (42 months), proximal femur (42 months), proximal tibia (42 months) and proximal humerus (42 months).

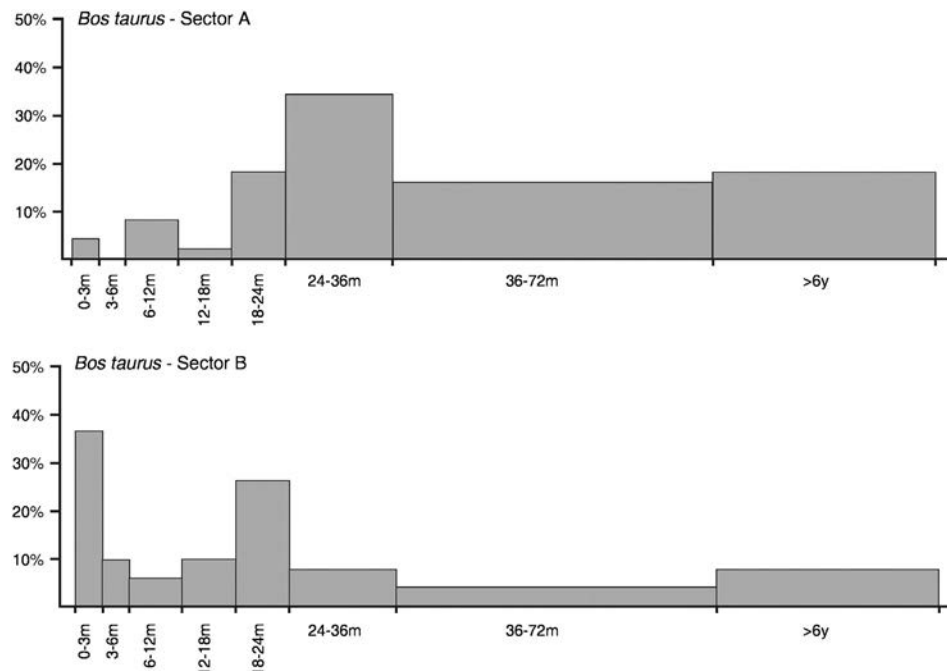


**Fig. 14.** Graphical representation of correspondence analysis (CA) in which the deciduous and permanent teeth remains of domestic species and sectors has been evaluated in integrated form (BOTA: *Bos taurus*; SUDO: *Sus domesticus*; OC: *Ovis aries* + *Capra hircus*; A: sector A; B: sector B; P1, P2, P3: premolars (permanent teeth); M1, M2, M3: molars (permanent teeth); D2, D3, D4: deciduous teeth).

animal portions. Although this is directly connected with human behaviour, as it is a consequence of it, the action of several post-depositional processes, both anthropic and natural, may alter the number of original relations. This index has been calculated with the formula: number of binary refits/NISP. The obtained RI is 21.47% in Sector B and 0.61% in Sector A, with different patterns for each domestic species (Fig. 17) and for the skeletal elements involved in these refits (Fig. 18). In Sector A the elements involved in the anatomical refits are mainly distal elements (carpal and tarsal

bones and phalanges), head and first cervical vertebrae, which are mostly denser elements corresponding to portions normally discarded during the primary processing of the animal. All the bones refitted anatomically were located in areas of less than a square metre. In the phreatic sector, in contrast, greater relative correspondence is documented among the different skeletal parts.

In Sector B it was possible to reconstitute some of the individuals (following in integrated form criteria like the age of the animal, taphonomic characteristics, spatial distribution of the



**Fig. 15.** Slaughter patterns documented for *Bos taurus* in Sectors A and B (m: month; y: year).



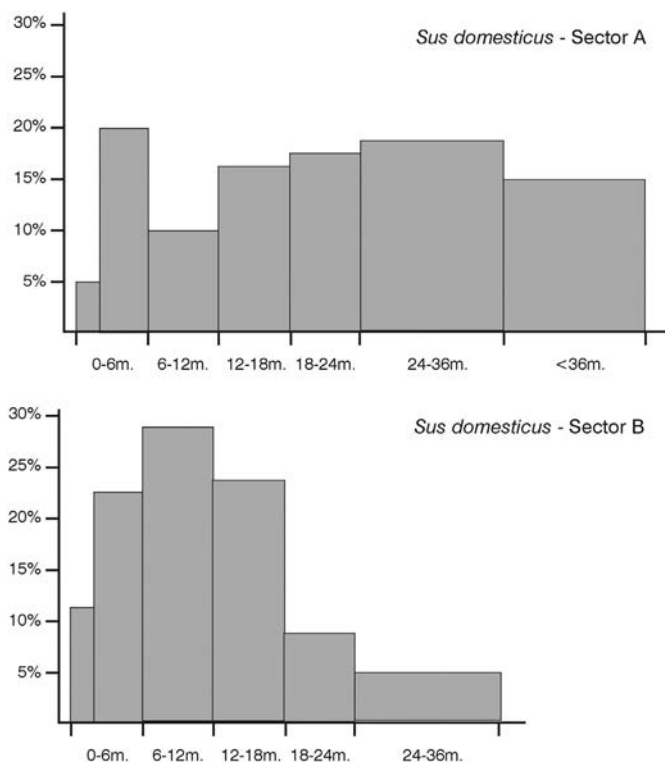


Fig. 16. Slaughter patterns documented for *Sus domesticus* in Sectors A and B (m: month).

remains and biometry). The carcasses displayed a high level of integrity, particularly in the case of pig and cattle (Saña, 2011). This characteristic is also shown by the positive correlation between the NISP and MNI in this sector. This pattern is documented for both domestic and wild species. For *Bos taurus*, for example, it was possible to individualise a total of 16 different groups of skeletal elements that anatomically seemed to correspond to the same individual, with a total of 244 faunal remains involved. In most cases the remains were recovered in different spaces, with maximum distances of 14 m between them. In addition to these 16 groups, a further 122 remains are involved in anatomical refits. They consist mainly of elements from the axial skeleton (vertebrae and ribs) and the distal part of the limbs (carpal and tarsal bones and phalanges). For pig, the percentage of remains involved in refits and anatomical connections is 54.1% ( $n = 519$ ). The maximum spatial distance recorded between refitted elements is 5 m. Significantly, a high percentage of the remains are complete ( $n = 377$ ; 41.7%), which is evidence of little manipulation of some individuals or portions. This point is probably due to a large proportion of individuals of this species dying at an age of a few weeks or months. A significant percentage of *Capra hircus* remains (55.68%;  $n = 186$ ) belong to a total of eight individuals. 73 remains (21.8%) of domestic goat correspond to whole elements and 69 remains (20.6%) to processing and consumption waste. These data are very similar to those obtained for *Ovis aries* ( $n = 266$ ), with 65 whole elements and 134 attributed to a particular individual. The refits and connections mainly involve distal limb bones, skull, mandible and first cervical vertebrae. Out of the 65 sheep complete elements, 30 articulate with another element.

The physical integrity of the carcasses is also generally maintained at a spatial level, with maximum distances between associated elements (either refits or anatomical connections) of under 14 m. No differences are seen in the taphonomic characteristics of the bones attributed to the same individual, which corroborates

once more the non-existent or slight post-depositional modification of the faunal remains discarded in Sector B.

Carnivores and rodents are also agents that can contribute to a disarticulation of carcasses and portions after they are deposited. In this case, it is important to consider the state in which the waste, portions and carcasses were deposited (Hedges, 2002). As the remains are mostly processing and consumption waste, there would probably have been little meat on the bones, as they were abandoned after it had been removed. In Sector B, however, the presence of practically whole young animals might indicate that they were whole carcasses that were discarded at the settlement or in the immediate surroundings after a natural death. The general trend documented at La Draga shows little action of these agents on the bones discarded as processing and consumption waste, which decreases the possibility of spatial alterations. The few remains affected by these animals do not display any particular spatial distribution or alteration pattern.

## 5. Discussion

The assemblages recovered in both Sector A and Sector B are the results of work processes carried out at the settlement in connection with food production and consumption by the sedentary communities in the early Neolithic. The areas excavated in both sectors correspond to domestic spaces, conformed by diverse type of archaeological structures. The anatomical representation of the domestic species and the abundant anthropic cut marks on the bone surfaces evidence that the animals were processed and consumed at the settlement. According to the totality of the archaeological items recovered during the excavation, it can be stated that the use made of the space in each sector is not the cause of the differences between them (Tarrús, 2008; Bosch et al., 2011). The differences are therefore not the consequence of differential organisation of the space or the differential management of animal resources (Saña, 2000, 2011).

The only parameter that has been assessed showing significant homogeneity in Sectors A and B is the NISP, which is quantitative. Several studies indicate the inconveniences of using this unit of quantification to describe the composition of faunal assemblages (Grayson, 1984; Lyman, 1994), and they stress its high dependency on the degree of fragmentation of the bones, as has been shown at La Draga by the calculation of the MNI. Taphonomic loss may cause an under-representation of the number of animals originally present at a site, and significantly variable values may be obtained depending on the skeletal element used for the calculation. In Sector B the distribution of the MNI value is more concentrated, whereas in Sector A the distribution is significantly more disperse. In the latter sector, the maximum values for the four species have been given by the astragalus, calcaneus, mandible and humerus (in the case of sheep and goats). In Sector B, the scapula, tibia, femur and radius have provided the maximum values, whereas the calcaneus and astragalus exhibit relatively low values for medium-sized species, like pig and goats. The complementary use of units based on direct (NISP, weight) and indirect measurements (MNI) is fundamental to obtain an objective representation of the variability of the species in a sample.

It has also been demonstrated by the results that in aerobic environments, the structural density of the different skeletal elements is capable of affecting the anatomical variability finally recorded for each animal species, as the proximal epiphyses of the long bones are more likely to be under-represented in comparison with the distal epiphyses and shaft fragments. The anatomical profiles obtained are much more heterogeneous than in the case of anaerobic environments. Several taphonomic agents may contribute towards the differential destruction of bone, which is

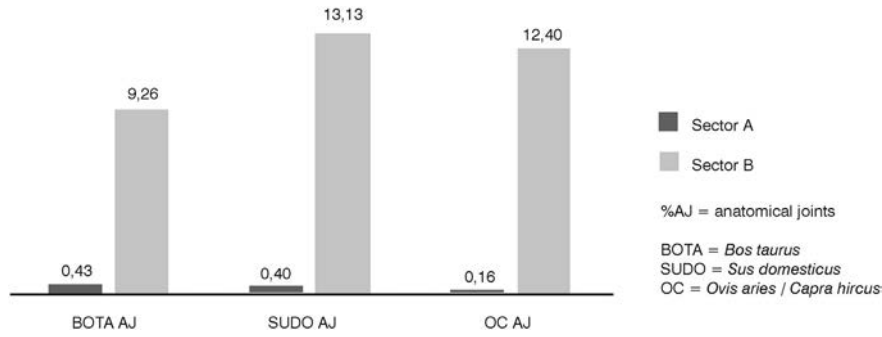


Fig. 17. Relative representation frequencies of anatomical joints/domestic species in Sectors A and B (%AJ: anatomical joints; BOTA: *Bos taurus*; SUDO: *Sus domesticus*; OC: *Ovis aries*/*Capra hircus*).

less in the case of the elements with greatest relative structural density (Lyman, 1994). In the case of La Draga, diagenetic change has been largely conditioned by exposure of the bones to the atmospheric elements for longer periods of time in Sector A, and by anaerobic conditions during their burial in Sector B. In the latter sector, the action of the agents causing deterioration was inhibited

and the faunal assemblage has not lost its integrity in physical terms. The higher degree of bone fragmentation in Sector A may also condition the diagnostic value of some of the elements. The relative percentage of remains classified in general categories as large mammals (LM) and medium-sized mammals (MM) is 41.3% in Sector A (LM = 7.2%; MM = 34.15%) and 0.54% in Sector B

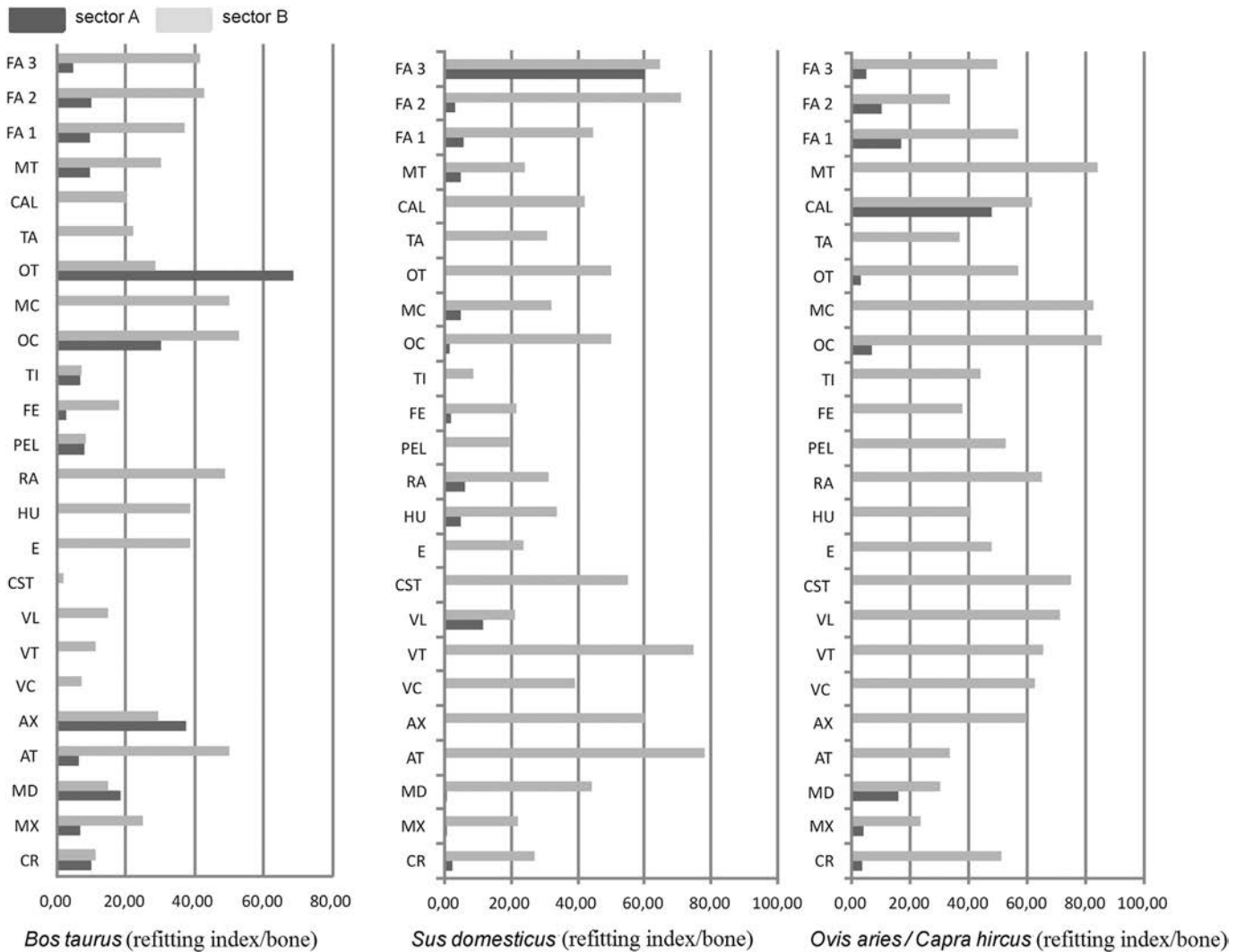


Fig. 18. Relative representation frequencies of anatomical joints/domestic species in Sectors A and B by elements (AT: atlas; AX: axis; CAR: carpals; FE: femur; FI: fibula; HU: humerus; MD: mandible; MX: maxilla; MC: metacarpus; MT: metatarsus; PEL: pelvis; FA: phalange; RA: radius; CST: ribs; E: scapula; CR: skull; TI: tibia; UL: ulna; VC: cervical vertebrae; VT: thoracic vertebrae; VL: lumbar vertebrae; OC: carpal bones; OT: tarsal bones; TA: talus; CAL: calcaneus).

(LM = 0.04%; MM = 0.5%). The animal species managed are the same in each sector, and no specialised or exclusive animal exploitation practices have been observed that might explain the difference in the degree and intensity of fragmentation of the faunal remains. Nearly all the fractures recorded in Sector B are the direct result of human activity and occurred when the animal was processed and prepared for human consumption. Anthropogenic intentional fractures predominate in Sector A too. However, at the same time, the morphological attributes of some of the fractures indicate that they were caused by the loss of bone resistance due to the deterioration of their original properties. The fact that shaft fragments of bones like the humerus, radius, tibia and femur predominate in both sectors is again evidence for their importance as markers of post-depositional loss (Stahl, 1999).

The relative under-representation of juvenile individuals at dry open-air sites has previously been noted in the literature (Lyman, 1994; Munson and Garniewicz, 2003). At La Draga, both teeth and post-cranial skeletal elements of individuals of the main domestic species that were under 18 months of age at death are recovered in relatively lower percentages in Sector A than in Sector B. One of the crucial indicators of the productive strategies practiced during the Neolithic is the demographic structure of the herds, determined by estimating the age at death of the animals in the assemblage. The comparative analysis has shown that at sites located in aerobic environments, younger animals, slaughtered for meat production or dying of natural causes, may suffer a significant representation bias. For *Bos taurus*, the worst affected age classes are 0–4 months, although until 18 months of age the percentages are always higher in Sector B. After two years, the relationship is inverted as adult animals are relatively better represented in Sector A. In both histograms, the age classes with higher frequencies are associated with meat production, as the optimal age for meat is estimated at between 2 and 4 years of age in the case of this species (Vigne and Helmer, 2007). Unlike in Sector A, in Sector B a significant number of animals younger than six months of age were identified. Of these, practically half of them were less than two months of age at death. The presence of newborn and infantile animals is often associated with milk production (Vigne and Helmer, 2007), although for this species, the presence of the calf is necessary to stimulate the production of milk (Balasse et al., 2000). It is also possible that the remains recovered at La Draga are of animals that died from natural causes, unconnected with human consumption. However, after their death they were processed equally, as the cut marks on the bone surface indicate. Although this is the dominant pattern and it probably directed the husbandry annual cycle, the histograms also attest the complementary slaughtering of adult animals over three years of age, with a 20% contribution to meat production in Sector B compared with 70% in Sector A. It may be supposed that the slaughtering of adults included animals used for reproduction and as working animals. The presence of skeletal elements with pathologies shows that at La Draga a few individuals were systematically used in farming or transport (Tarrús et al., 2006; Llado et al., 2008). From this comparison it can be deduced that aspects like neonatal mortality or milk production are represented with biases at open-air sites with taphonomic losses. In contrast, the exploitation of animals for their energy and the slaughter of females once their reproductive capacity declines are over-represented.

In the case of *Sus domesticus*, in both sectors it is clearly attested that this species was systematically bred for meat production, with most animals slaughtered at between 12 and 24 months of age (Saña, 2011). However, significant differences have been observed in the age classes, with the inversion of the 6–12 months class (better represented in Sector B) and the 18–24/24–36 months classes (represented better in Sector A) and a significant proportion

of adult animals in the latter sector, which are not represented in the former. Indeed, in Sector B hardly any animals older than two years have been documented. As this species was only used for meat production in the Neolithic, the final interpretation of the histogram would not differ in terms of the types of production, as might be the case for *Bos taurus*, but in the degree of systematisation and specialisation in the productive activity in which this species is implicated. This is doubtlessly of crucial importance for the characterisation of the husbandry strategies practiced. The better relative preservation of neonate and infantile individuals, of non-fused bone elements and deciduous teeth in Sector B has allowed the animals' ages of death to be determined with greater precision, for both cattle and pig, which has enabled the construction of age profiles and their interpretation. It is difficult to compare the site of La Draga with contemporary settlements in the western Mediterranean, as the condition of the record is significantly different. The high proportion of newborn, infantile and juvenile individuals of all species is doubtlessly the result of the good state of preservation of the sample and is not necessarily a trait differentiating it from faunal assemblages at other early Neolithic sites.

Another factor that has made an important contribution to the more precise estimate of the age of the individuals in Sector B has been the great physical integrity of the carcasses. The anatomical refits of individuals have enabled the combination of the criteria proposed for the dental and skeletal ages of the animals. The differences in number of refits and anatomical connections in the two sectors is undoubtedly the result of the conditions of the deposits and the preservation of the bone remains, as carcass decomposition is much faster on dry ground than in phreatic level (Haglund, 1993). The results show that in Sector A, practically all the anatomical refits involve skeletal elements with a relatively high mineral density, and the partial reconstruction of individuals has been impossible mainly because of the fragmentation of the remains and their deteriorated condition. In contrast, in Sector B, anatomical refits were achieved with all the skeletal elements, regardless of their structural density. It has also been possible to relate remains discarded synchronically, although probably in different places which would not have been significantly distant from one another. This high level of integrity has facilitated the reconstruction of the tasks involved in the processing, distribution and consumption of animals and animal products.

All the characteristics described above lead to the conclusion that the way the waste is discarded can influence the taphonomic history of the faunal assemblage, as a complementary factor to the conditions at the site. At La Draga, both the deposition and the burial dynamics have influenced the diagenesis process significantly. The bones recovered in Sector A spent a certain length of time exposed to physical agents, and are severely deteriorated. In contrast, the bones recovered in Sector B are relatively more intact, even the remains of very young animals (neonates and infants). This seems to suggest that in Sector A the bones were discarded on the ground and were therefore exposed to the action of atmospheric, animal and human agents. In Sector B, however, most of the bones were submerged in water or quickly incorporated into soft mud after being discarded, as the elevated platforms of the huts and other structures in this sector were at least periodically surrounded by water. The rapid immersion of the remains while still fresh avoided the direct action of atmospheric agents, and the degree of deterioration and fragmentation of the remains was reduced.

## 6. Conclusions

La Draga is a unique site for the assessment, in the western Mediterranean area, of aspects connected with taphonomic

processes affecting faunal remains, as it comprises terrestrial, phreatic and lacustrine environments, thus allowing the comparison of taphonomic dynamics in anaerobic and aerobic conditions. The results indicate significant differences in the degree of preservation of the assemblages, which highlights the need to carry out intra-site taphonomic analysis. Certain productive strategies may be represented differentially in different parts of the same site, depending on the conditions. Taphonomic research is therefore necessary to weight the results and thus avoid errors in historical interpretation.

The assessment of the condition of faunal assemblages requires an integrated analysis that takes into account the complex inter-relationships of several taphonomic processes. The relative under-representation of younger animals and less dense skeletal elements and parts in Sector A, in comparison with Sector B, is the result of a complex system of interactions and interdependencies that in this case originated in the way the waste of animal production was discarded; and the specific conditions in the place where it was deposited were of vital significance. Social action is therefore a determining factor in the taphonomic history of faunal assemblages. As the changes are not linear, the measurement and characterisation of the magnitude of diagenetic changes must integrate into the analytical process the various social and natural agents responsible for the sequence of changes to which the bones will be subjected.

The fact that the same Neolithic community was responsible for the formation of the faunal assemblages in the two sectors at the site of La Draga allows an analytical approach using a direct comparative method. The results have been compared with actualistic research which aims to measure, verify and predict the diagenetic change caused by the action of different natural agents on bone material deposited on the ground. The site of La Draga provides a unique setting where it is possible to calculate potential taphonomic biases in the deterioration of bones and decipher the parameters, variables and analytical approaches that might be most suitable for the study and understanding of past material reality.

## Acknowledgements

We would like to thank Ana Belén Marin-Arroyo and Marta Moreno-García for inviting us to participate in this special volume. This paper was presented in *ICAZ Taphonomy WG 2nd Meeting* (2012) in Santander, Spain. We are grateful also to two anonymous referees for reading this article and for providing helpful comments. This paper was developed within the project: HAR2011-25826, *Domesticación animal y prácticas ganaderas en el occidente Mediterráneo* (9300–2500 cal BC), funded by the Ministerio de Ciencia e Innovación (Spain), and was performed in the framework of research team GRLA (UAB-1792) (Grup de Recerca del Laboratori d'Arqueozoologia, UAB).

## References

- Amorosi, T., 1989. A Postcranial Guide to Domestic Neo-natal and Juvenile Mammals: the Identification and Aging of Old World Species. In: *British Archaeological Research International Series* 533. Oxford.
- Armstrong, K., 2010. *Archaeological Geophysical Prospection in Peatlands Environments* (PhD thesis). Bournemouth University, Bournemouth.
- Balasse, M., Tresset, A., Bocherens, H., Mariotti, A., Vigne, J.-D., 2000. Un abattage *postlactation* sur des bovins domestiques néolithiques. Etude isotopique des restes osseux du site de Bercy (Paris, France). *Anthropozoologica* 31, 39–48.
- Behrensmeyer, A.K., 1975. The taphonomy and Paleoecology of Plio-Pleistocene vertebrate assemblages East of Lake Rudolf, Kenya. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 145 (10), 473–574.
- Behrensmeyer, A., 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4, 150–162.
- Behrensmeyer, A.K., Webster, D., Boaz, D.E., 1979. New perspectives in vertebrate palaeoecology from a recent bone assemblage. *Paleobiology* 5, 15–21.
- Bell, L.S., Skinner, M.F., Jones, S.J., 1996. The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance. *Forensic Science International* 82, 129–140.
- Bell, L.S., Elkerton, A., 2007. Unique marine taphonomy in human skeletal material recovered from the medieval warship the Mary Rose. *International Journal of Osteoarchaeology* 18 (5), 523–535.
- Binford, L., 1981. *Bones: Ancient Men and Modern Myths*. Academic Press, New York.
- Binford, L.R., Bertram, J.B., 1977. Bone frequencies and attritional processes. In: Binford, L.R. (Ed.), *For Theory Building in Archaeology*. Academic Press, New York, pp. 77–153.
- Bocherens, H., Tresset, A., Wiedemann, F., Giligny, F., Lafage, F., Lanchon, Y., Mariotti, A., 1997. Diagenetic evolution of mammal bones in two French Neolithic sites. *Bulletin de la Societe Geologique de France* 168 (5), 555–564.
- Bogdanovic, I., Bosch, A., Piqué, R., 2011. La cronologia de La Draga. In: Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. (Eds.), *El jaciment neolític lacustre de la Draga (Banyoles, Pla de l'Estany)*, *Quaderns de Banyoles* 13, pp. 54–63.
- Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J., 2000. El poblament lacustre neolític de la Draga. Excavacions de 1990 a 1998. In: *Monografies del Casc, 2. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, Girona*.
- Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J., 2011. El poblament lacustre del neolític antic de La Draga. Excavacions 2000–2005. In: *Monografies del Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya 9. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, Girona*.
- Bosch, A., Buxó, R., Chinchilla, J., Palomo, A., Piqué, R., Saña, M., Tarrús, J., Terradas, X., 2012a. El jaciment neolític lacustre de la Draga (Pla de l'Estany). *Ajuntament de Banyoles, Banyoles*.
- Bosch, A., Buxó, R., Chinchilla, J., Palomo, A., Piqué, R., Saña, M., Tarrús, J., Terradas, X., 2012b. Dinàmica d'ocupació de l'entorn lacustre de Banyoles i del jaciment neolític de la Draga. *Onzenes Jornades d'Arqueologia de les Comarques de Girona*, 65–70.
- Brain, C.K., 1969. The contribution of Namib Desert Hottentots to an understanding of australopithecine bone accumulations. *Scientific Papers of the Namib Desert Research Station* 39, 13–22.
- Brown, L.D.S., Christofferson, D.V.M., Massler, D.D.S., Weiss, M.S., 1960. Postnatal tooth development in cattle. *American Journal of Veterinary Research* 21 (80), 7–34.
- Bull, G., Payne, S., 1982. Tooth eruption and epiphyseal fusion in pigs and wild boar. In: Wilson, B., Grigson, C., Payne, S. (Eds.), *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*, *British Archaeological Reports* 109, Oxford, pp. 55–71.
- Cannon, M.D., 2012. NISP, bone fragmentation, and the measurement of taxonomic Abundance. *Journal of Archaeological Method Theory*. <http://dx.doi.org/10.1007/s10816-012-9166-z>.
- Chaix, L., 1976. La faune de la fouille Yverdon-Garage Martin. In: *Cahiers d'Archéologie Romande*, 8, pp. 181–233.
- Elkin, D.C., 1995. Volume density of South American camelid skeletal parts. *International Journal of Osteoarchaeology* 5 (1), 29–37.
- Gaudzinski-Windheuser, S., Kindler, L., Rabinovich, R., Goren-Inbar, N., 2010. Testing heterogeneity in faunal assemblages from archaeological sites. Tumbling and trampling experiments at the early-Middle Pleistocene site of Geshert Benot Ya'akov (Israel). *Journal of Archaeological Science* 37, 3170–3190.
- Gifford, D., 1981. Taphonomy and palaeoecology: a critical review of archaeology's sister disciplines. In: Schiffer, M.B. (Ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory*, 4. Academic Press, New York, pp. 365–438.
- González, M.E., Álvarez, M.C., Massigoge, A., Gutiérrez, M.A., Kaufmann, C.A., 2012. Differential bone survivorship and ontogenetic development in guanaco (*Lama guanicoe*). *International Journal of Osteoarchaeology* 22, 523–536.
- Grant, A., 1982. The use of tooth wear as a guide to the age of domestic ungulates. In: Wilson, R., Grigson, C., Payne, S. (Eds.), *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*, *British Archaeological Reports*, British Series 109. Wilson, pp. 91–108.
- Grayson, D.K., 1984. *Quantitative Zooarchaeology*. FL Academic, Orlando.
- Haglund, W.D., 1993. Disappearance of soft tissue and the disarticulation of human remains from aqueous environments. *Journal of Forensic Sciences* 38 (4), 806–815.
- Hedges, R.E., 2002. Bone diagenesis: an overview of processes. *Archaeometry* 44 (3), 319–328.
- Holden, J., West, L.J., Howard, A., Maxfield, E., Panter, I., Oxley, J., 2006. Hydrological controls of in situ preservation of waterlogged archaeological deposits. *Earth-Science Reviews* 78 (1–2), 59–83.
- Ioannidou, E., 2003. Taphonomy of animal bones: species, sex, age and breed: variability of sheep, cattle and pig bone density. *Journal of Archaeological Science* 30, 355–365.
- Johnson, R.G., 1960. Models and methods for analysis of the mode of formation of fossil assemblages. *Bulletin of the Geological Society of America* 71, 1075–1086.
- Klein, R., Cruz-Urbe, K., 1984. *The Analysis of Animal Bones from Archaeological Sites*. University of Chicago Press, Chicago.
- Kreutzer, L.A., 1992. Bison and deer bone mineral densities: comparisons and implications for the interpretation of archaeological faunas. *Journal of Archaeological Science* 19, 271–294.
- Lam, Y.M., Chen, X., Marean, C.W., Frey, C., 1998. Bone density and long bone representation in archaeological faunas: comparing results from bone density

- studies CT and photon densitometry. *Journal of Archaeological Science* 25, 559–570.
- Lam, Y.M., Xingbin, C., Pearson, O.M., 1999. Intertaxonomic variability in patterns of bone density and the differential representation of Bovid, Cervid, and equid elements in the archaeological record. *American Antiquity* 64 (2), 343–362.
- Lam, Y.M., Pearson, O.M., 2005. Bone density studies and the interpretation of the faunal record. *Evolutionary Anthropology* 14, 99–108.
- Lyman, R.L., 1984. Bone density and differential survivorship of fossil classes. *Journal of Anthropological Archaeology* 3, 259–299.
- Lyman, R.L., 1994. *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lyman, R.L., 2008. *Quantitative Paleozoology*. Cambridge University Press, New York.
- Lyman, R.L., Fox, G.L., 1989. A critical evaluation of bone weathering as an indication of bone assemblage formation. *Journal of Archaeological Science* 16, 293–317.
- Lyman, R.L., Houghton, L.E., Chambers, A.L., 1992. The effect of structural density on marmot skeletal part representation in archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 19, 557–573.
- Llado, E., Gaitero, L.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), 58–61.
- Marean, C.W., 1991. Measuring the post-depositional destruction of bone in archaeological assemblages. *Journal of Archaeological Science* 18, 677–694.
- Marshall, L.G., 1989. Bone modification and “the laws of burial”. In: Bonnicksen, R., Sorg, M.H. (Eds.), *Bone Modification*. University of Maine, Orono, pp. 7–24.
- Marshall, F., Pilgram, T., 1993. NISP vs. MNI in quantification of body-part representation. *American Antiquity* 58, 261–269.
- Moore, J.R., Norman, D., 2009. Quantitatively evaluating the sources of taphonomic biasing of skeletal element abundances in fossil assemblages. *Palaeis* 24, 591–602.
- Munson, P., Garniewicz, R.C., 2003. Age-mediated survivorship of ungulate mandibles and teeth in Canid-ravaged faunal assemblages. *Journal of Archaeological Science* 30, 405–416.
- Nicholson, R.A., 1992. An assessment of the value of bone density measurements to archaeoichthyological studies. *International Journal of Osteoarchaeology* 2, 139–154.
- Nielsen-Marsh, M., 2000. Patterns of diagenesis in bone I: the effects of site environments. *Journal of Archaeological Science* 27, 1139–1150.
- Saña, M., 2000. La gestió i explotació dels recursos animals. In: Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. (Eds.), *El poblat lacustre neolític de La Draga: excavacions de 1990 a 1998*. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, Girona, pp. 150–164.
- Saña, M., 2011. La gestió dels recursos animals. In: Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. (Eds.), *El poblat lacustre del neolític antic de La Draga. Excavacions 2000–2005*. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, Girona, pp. 177–212.
- Schibler, J., Jacomet, S., 2005. Fair-weather archaeology? A possible relationship between climate and the quality of archaeological sources. In: Gronenborn, D. (Ed.), *Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas, 6700–2200 v. Chr.* RGZM-Tagungen, Band 1, pp. 27–39. Mainz.
- Schibler, J., 2006. The economy and environment of the 4th and 3rd millennia BC in the northern Alpine foreland based on studies of animal bones. *Environmental Archaeology* 11 (1), 49–64.
- Schibler, J., Jacomet, S., 2010. Short climatic fluctuations and their impact on human economies and societies: the potential of the Neolithic lake shore settlements in the Alpine foreland. *Environmental Archaeology* 15 (2), 173–182.
- Silver, A., 1969. The ageing of domestic animals. In: Brothwell, D.R., Higgs, E.S. (Eds.), *Science in Archaeology*. Thames and Hudson, London, pp. 283–302.
- Stahl, P.W., 1999. Structural density of domesticated south American camelid skeletal elements and the archaeological investigation of prehistoric Andean Ch'arki. *Journal of Archaeological Science* 26, 1347–1368.
- Steele, T.E., 2004. Variation in mortality profiles of red deer (*Cervus elaphus*) in Middle Palaeolithic assemblages from Western Europe. *International Journal of Osteoarchaeology* 14 (3–4), 307–320.
- Stewart, D., 1999. Formation processes affecting submerged archaeological sites: an overview. *Geoarchaeology* 14, 565–587.
- Symmons, R., 2005. New density data for unfused and fused sheep bones, and a preliminary discussion on the modelling of taphonomic bias in archaeofaunal age profiles. *Journal of Archaeological Science* 32, 1691–1698.
- Tarrús, J., 2008. La Draga (Banyoles, Catalonia), a lacustrine village of Ancient Neolithic in Mediterranean Europe. *Catalan Historical Review* 1, 17–33.
- Tarrús, J., Saña, M., Chinchilla, J., Bosch, A., 2006. La Draga (Banyoles, Catalogne): traction animale à la fin du VI<sup>e</sup> millénaire? In: Pétrequin, P., Arbogast, R.M., Pétrequin, A.M., Van Willigen, S., Bailly, M. (Eds.), *Premiers chariots, premiers araires. La diffusion de la traction animale en Europe pendant les IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires avant notre ère*, CRA Monographies 2, pp. 25–30.
- Thomas, D.B., Chinsamy, A., Conar, N.J., Kandel, A.W., 2012. Chemical investigation of mineralisation categories used to assess taphonomy. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 361, 104–110.
- 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, 9–40.
- Von Endt, D.W., Ortne, D.J., 1984. Experimental effects of bone size and temperature on bone diagenesis. *Journal of Archaeological Science* 11, 247–253.
- Welsh, J., Thomas, S., 1996. Groundwater modelling of waterlogged archaeological deposits. In: Corfield, M., Hinton, P., Nixon, T., Pollard, M. (Eds.), *Preserving Archaeological Remains in Situ*. Museum of London Archaeology Service, London, pp. 16–20.



#### **4.1.2. Aspectos tafonómicos y representación de las estrategias de producción animal en los yacimientos neolíticos de noreste peninsular**

En base a los resultados y conclusiones de los análisis arqueotafonómicos, se evalúa a continuación cómo el grado de preservación de los restos de fauna puede incidir en el establecimiento de las pautas de explotación animal durante el Neolítico Inicial, teniendo en cuenta que, tal como se ha mencionado anteriormente, la edad es un parámetro directamente correlacionado con las propiedades del tejido óseo y, por tanto, con la potencial representación de las diversas clases de edad en el registro arqueológico.

Las estrategias de producción animal practicadas durante el Neolítico Inicial se establecen generalmente a partir de los patrones demográficos. Se ha observado que esta operación puede estar altamente sesgada en yacimientos que no presentan condiciones idóneas de preservación. En estos yacimientos es más probable que los especímenes adultos estén sobrerrepresentados en comparación con los animales muertos durante la etapa de crecimiento<sup>1</sup>. La estimación de la edad de los animales en un conjunto faunístico es esencial para poder interpretar las estrategias de gestión, explotación y reproducción de los animales domésticos. La relación entre el desarrollo y la supervivencia de los huesos se ha estudiado principalmente utilizando referenciales modernos (Binford y Bertram, 1977; Behrensmeyer, 1978).

Con el objetivo de caracterizar el impacto tafonómico que la edad de los animales puede tener sobre la composición de los conjuntos faunísticos, se ha evaluado la correlación entre el tipo de yacimiento (en cueva, en aire libre o en ambientes lacustres) y las curvas de supervivencia obtenidas para especies domésticas en 6 yacimientos situados en el noreste de la Península Ibérica correspondientes al intervalo temporal ca. 5400 y 4700 cal ANE. Se han seleccionado tres yacimientos al aire libre, Plansallosa (5250-4940 cal ANE, Girona) (NR= 927), Caserna de Sant Pau (5372-5076 cal ANE, Barcelona) (NR= 2404) y Serra de Mas Bonet (4900-4600 cal ANE, Girona) (NR=2404); dos yacimientos en cueva, Can Sadurní (5291-4710 cal ANE, Barcelona) (NR= 1086) y Cova del Vidre (5326-4851 cal ANE, Tarragona) (NR=2360); y un yacimiento lacustre, La Draga (5201-4721 cal ANE, Girona) (NR=21727). Para la estimación de la edad a partir del estado de desarrollo y desgaste dentario se han seguido los trabajos de Grant (1982), Helmer (1995), Brown et al. (1960) y Bull y Payne (1982). Para el registro del estado de desarrollo óseo se ha

---

<sup>1</sup> Estos resultados se han presentado en el congreso *ICAZ-Taphonomy* celebrado en los días 12-14 de septiembre de 2012 en Santander (España), con la presentación en póster "Taphonomical approach to the animal production strategies during the early Neolithic in the north-east of the Iberian Peninsula: correlation between the harvest profiles and the type and condition of the archaeological sites". Vanessa Navarrete, María Saña (Laboratori d'Arqueozoologia, Universitat Autònoma de Barcelona).

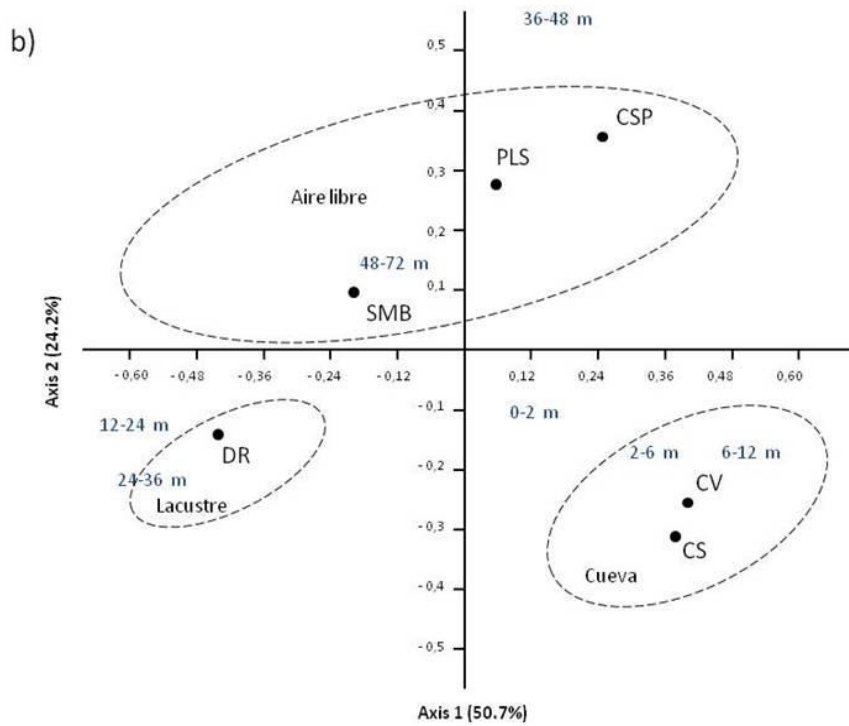
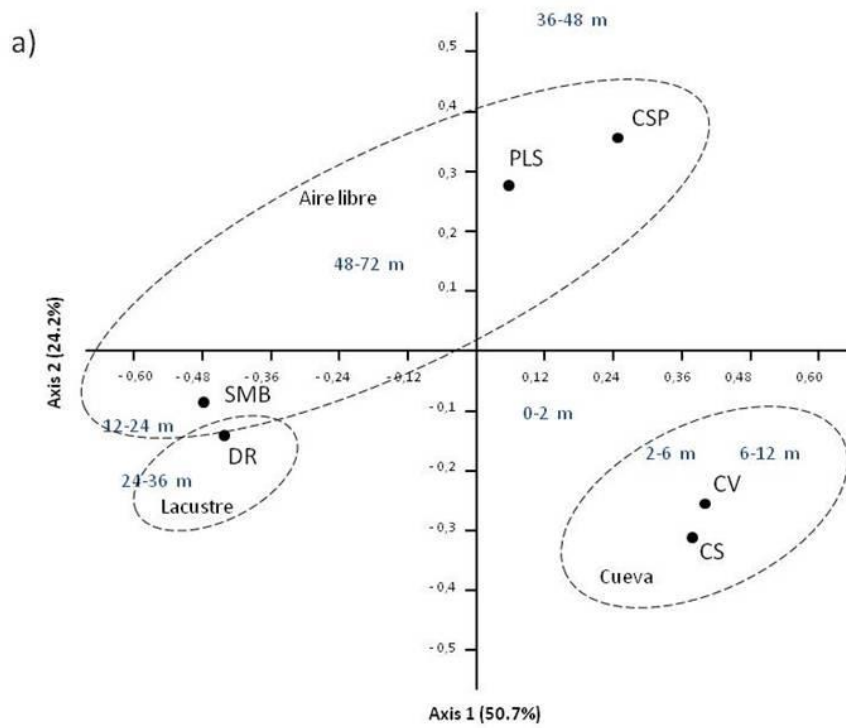
seguido los datos publicados por Silver (1969) y Amorosi (1989) para las especies domésticas. En todos los yacimientos se han confeccionado histogramas de edad de matanza para oveja, cabra, buey y cerdo (Tabla 4.1).

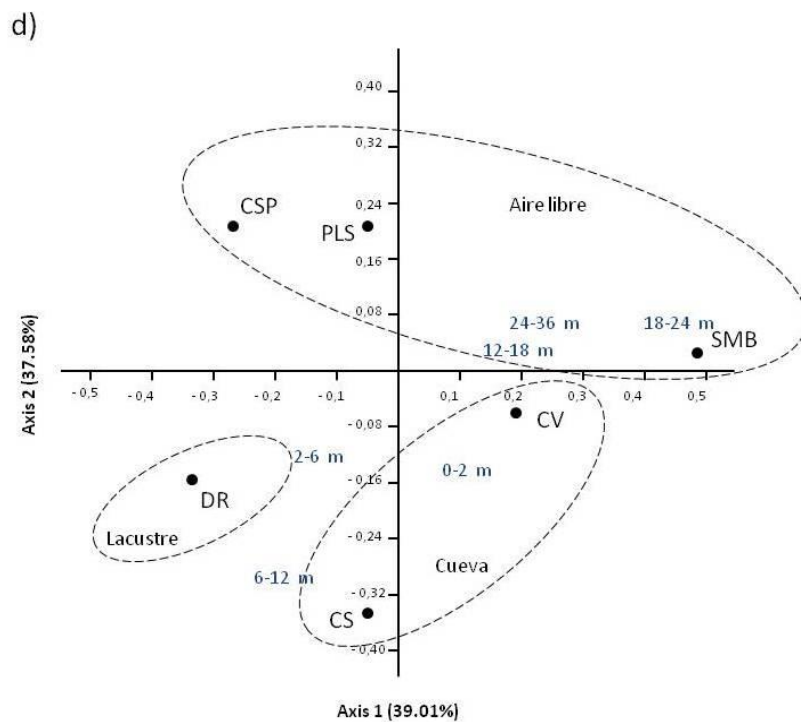
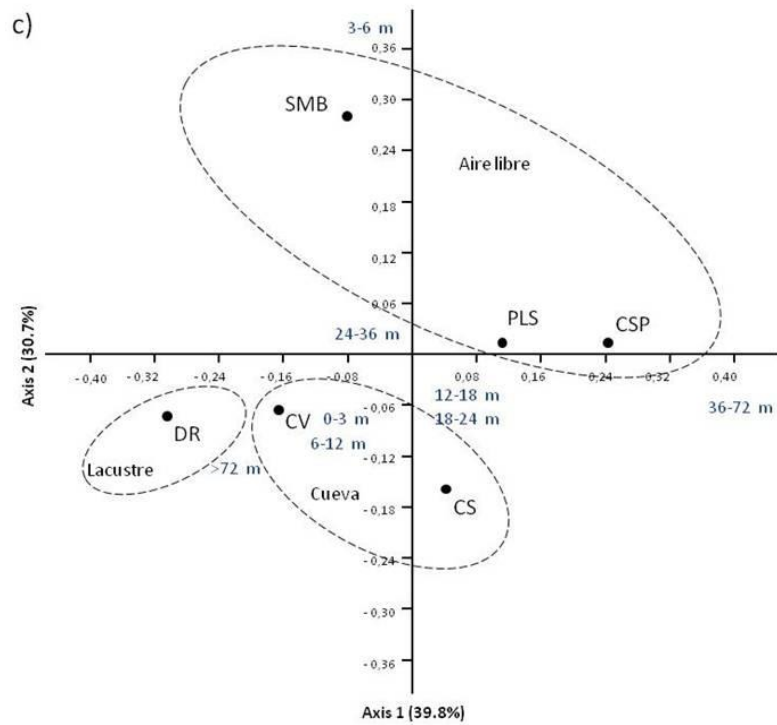
<b><i>Ovis aries/Capra hircus</i></b>		<b><i>Bos taurus</i></b>		<b><i>Sus domesticus</i></b>	
0-2	neonato-infantil	0-3	neonato-infantil	0-2	neonato-infantil
2-6	Juvenil	3-6	inmaduro	2-6	juvenil
6-12	Inmaduro	6-12	subadulto	6-12	inmaduro
12-24	Subadulto	12-18	subadulto	12-18	subadulto
24-36	Adulto	18-24	subadulto	18-24	subadulto
36-48	Adulto	24-36	adulto	24-36	adulto
48-72	Senil	36-72	adulto		
		>72	senil		

Tabla 4.1. Clases de edad utilizadas para *Ovis aries*, *Capra hircus*, *Bos taurus* y *Sus domesticus*. Edad expresada en meses.

Se ha evaluado de forma integrada los datos para cada una de las especies a partir del análisis de correspondencias. Las tablas utilizadas con esta finalidad corresponden a los porcentajes de restos clasificados en cada uno de los intervalos de edad establecidos (Apéndice II). Los resultados obtenidos a partir del análisis de correspondencia (CPA) (Figura 4.1) muestran como en los yacimientos en aire libre se documenta para las cuatro especies domésticas la representación significativa del intervalo de edad comprendida entre los 24 y 48 meses. En cambio, en los yacimientos situados en cueva se observa el predominio significativo de individuos de las cuatro especies domésticas entre 0-12 meses de edad. Como se ha mencionado anteriormente, la edad es un parámetro directamente correlacionado con las propiedades del tejido óseo y, por tanto, con la potencial preservación de hueso (Lyman, 1994). Los huesos de los individuos infantiles y juveniles, al presentar una densidad estructural menor que la de los animales adultos, están más afectados por procesos post-deposicionales, presentando una descomposición relativamente más rápida (Behrensmeyer et al., 1979; Munson y Garniewicz, 2003). Esta hipótesis se refuerza también a partir de los resultados obtenidos para el yacimiento lacustre al aire libre de La Draga. El yacimiento de La Draga presenta una dinámica particular, con la representación de todos los intervalos de edad para las cuatro principales especies domésticas. Las condiciones favorables para la conservación de los restos de fauna se deben a las condiciones freáticas de la zona donde está ubicado el yacimiento (Terradas et al., 2015).







**Figura 4.1.** Resultados del análisis de correspondencia (CPA). a) *Ovis aries*, b) *Capra hircus*, c) *Bos taurus*, d) *Sus domesticus*. (CS = Caserna de Sant Pau, CV = Cova del Vidre, CSP = Caserna de Sant Pau, PLS = Plansallosa, SMB = Serra de Mas Bonet, DR = La Draga).

En resumen, uno de los indicadores cruciales de las estrategias productivas practicadas durante el Neolítico es la estructura demográfica de los rebaños, determinada mediante la estimación de la edad de muerte de los individuos. El análisis comparativo ha demostrado que los yacimientos localizados en aire libre con ambientes aeróbicos pueden sufrir un sesgo de

representación histórica de los animales más jóvenes. El grado de preservación de los restos de fauna puede incidir, pues, directamente en la representatividad de las pautas de explotación animal durante el Neolítico Inicial en el noreste de la Península Ibérica, aspecto que refuerza la necesidad de realizar análisis tafonómicos y corregir los sesgos que puedan derivar de las dinámicas naturales una vez los restos de fauna han sido depositados y enterrados en los depósitos sedimentarios que conforman los yacimientos arqueológicos.

#### **4.2. Factores ambientales y variabilidad de los conjuntos de restos de fauna durante el Neolítico: necesidad de trabajar a escala regional**

Adicionalmente a la dinámica tafonómica interna en cada yacimiento, otras variables como la situación geográfica (montaña, costa, ribera), tipo de yacimiento (en aire libre, cueva o abrigo) o las condiciones hidráulicas, climáticas y ecológicas pueden condicionar la preservación de los restos de fauna y, por tanto, su posterior interpretación (Lyman y Fox, 1989; Marean, 1991; Lyman, 1994; Welsh y Thomas, 1996).

En este apartado se aborda dicha problemática a partir de dos aproximaciones. En primer lugar, y teniendo en cuenta que a inicios del Neolítico los yacimientos lacustres son cuantitativamente importantes en determinadas áreas mediterráneas y de Europa central, se evalúa la influencia del medio lacustre en la representación de las estrategias de subsistencia de las primeras sociedades agrícolas, evaluando si éstas presentan un patrón específico y si éste puede estar o no condicionado a nivel tafonómico por las excepcionales condiciones de preservación que suelen presentar los yacimientos arqueológicos en estas áreas. Debemos recordar, en este sentido, que en el noreste de la Península Ibérica se encuentra localizado el yacimiento de La Draga, yacimiento con una cronología ca. 5201-4721 cal. ANE, y que es precisamente el que ha proporcionado hasta la actualidad una de las muestras más importantes de restos de fauna correspondiente al Neolítico Inicial.

La segunda aproximación, que será abordada mediante la presentación de un artículo, tiene en cuenta el papel que la domesticación animal y prácticas ganaderas iniciales pudieron tener en ambientes con características específicas y tradicionalmente consideradas adversas a inicios del Holoceno, como son las áreas de alta montaña. En este caso la investigación realizada persigue el objetivo de evaluar el papel que los rebaños de animales domésticos jugaron en estas áreas, áreas hasta hace poco excluidas o poco representadas en el estudio de la problemática histórica. En base a este planteamiento se evalúa, del mismo modo que se ha realizado para las áreas

lacustres, si la gestión animal presentó a inicios del Holoceno en estos territorios pautas específicas o no, incidiendo en las variables y parámetros de orden ambiental que pudieron influir en la adquisición, cría y mantenimiento de los recursos animales. En esta línea es interesante considerar tanto las características ecológicas y climáticas específicas que presentan las áreas de alta montaña, como los requerimientos y capacidades adaptativas de las primeras especies domésticas.

#### **4.2.1. Los medios lacustres, ¿una gestión animal específica durante el Neolítico Inicial?**

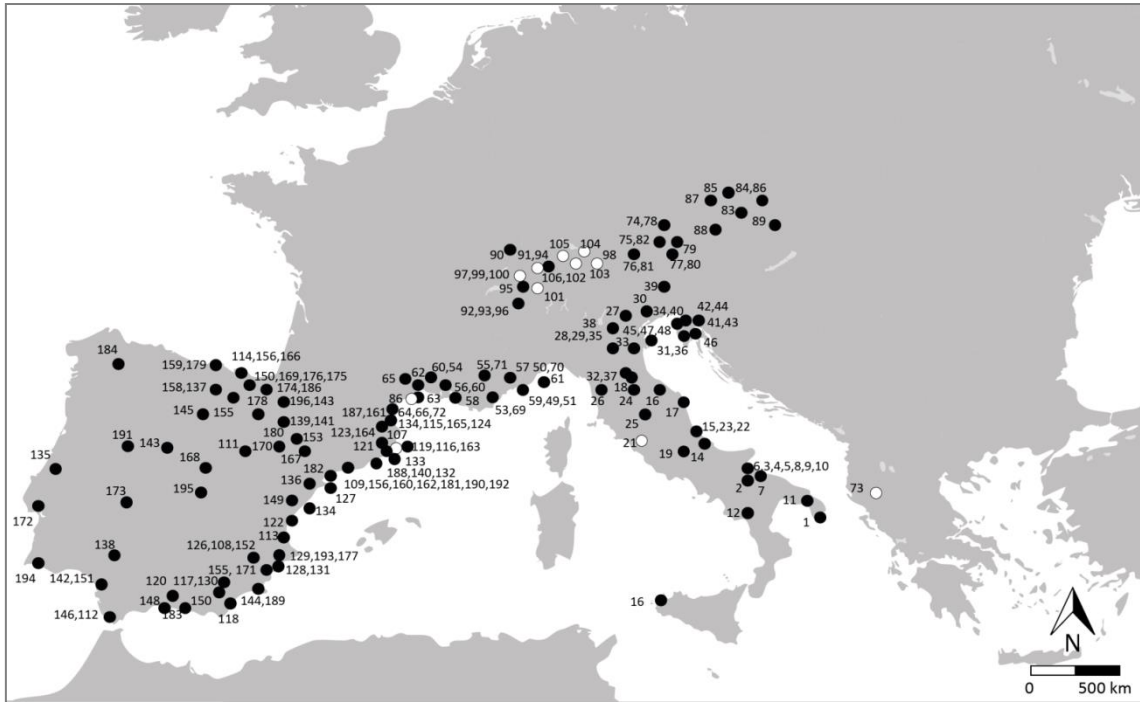
Con el objetivo de conocer las estrategias de gestión de los recursos animales y la representación de las especies según las características de los yacimientos, se ha evaluado de manera integrada, para el intervalo temporal de ca. 5400 y 1800 cal ANE, un total 100 yacimientos correspondientes al Neolítico Inicial y 96 yacimientos al Neolítico medio y final (Figura 4.2), a partir de los resultados obtenidos de los estudios zooarqueológicos publicados (Apéndice III). De estos yacimientos, 180 pertenecen a yacimientos terrestres y 16 a yacimientos lacustres. La zona de estudio abarca la zona mediterránea (Península Ibérica, Francia, Italia y Grecia) y la zona de Europa central (Suiza y Austria)<sup>2</sup>.

El análisis se ha llevado a cabo a partir de la evaluación de los restos de mamíferos. Se excluyen los datos sobre huesos de peces y aves, ya que no se realizó un muestreo sistemático en todos los yacimientos analizados. El análisis comparativo entre las estrategias de explotación de mamíferos en zonas terrestres y lacustres ha permitido establecer si existen o no estrategias específicas de explotación de los recursos animales en estas últimas.

Para esta evaluación los yacimientos terrestres se han clasificado teniendo en cuenta las características de las fuentes de agua más cercanas: lago, río, costa o zona interior. Por otro lado, se ha considerado también el tipo de yacimiento (aire libre, abrigo, cueva). Las variables correlacionadas con estos aspectos han sido: número de especies explotadas (índice de diversidad) y la representación de especies silvestres en relación a las especies domésticas.

---

<sup>2</sup> Estos resultados se han presentado en el congreso *Culture, Climate and Environment Interactions at Prehistoric Wetland Sites* celebrado en los días 11-14 de junio de 2014 en Bern (Suiza), con la presentación en póster "*Animal exploitation strategies at Wetland sites during the Early Neolithic*". Vanessa Navarrete, Maria Saña (Laboratori d'Arqueozoològia, Universitat Autònoma de Barcelona).



**Figura 4.2.** Localización de los yacimientos estudiados. En negro los yacimientos terrestres, en blanco los yacimientos lacustres. Listado de yacimientos representados:

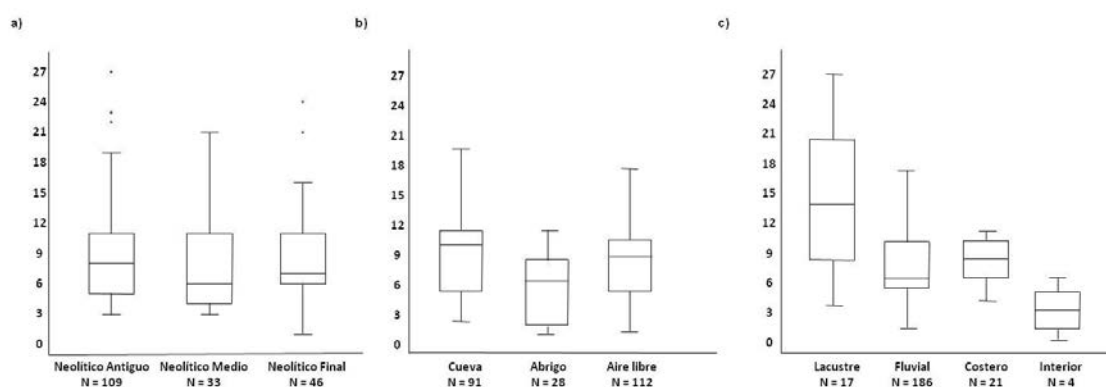
1	Torre Sabea	66	Dourgne C5	131	Cova de Sant Martí
2	Rendina	67	Motte aux Magnins	132	Cova del Bolet
3	Santa Tecchia	68	Chalain (station 3)	133	Cova del Frare
4	Masseria Valente	69	Beaume St Michel	134	Cova del Petrolí
5	Masseria Candelaro	70	Fontbregua	135	Cova do Ladrai
6	Ripa Tetta	71	Ceron	136	Cova Fosca
7	Lagnano	72	Pont de Roque-Haute	137	Cubío Redondo
8	Scaloria	73	Dispilio	138	Cueva Chica de Santiago
9	Fontana Rosa	74	Ansfelden-Burgwiese	139	Cueva de Abauntz
10	Passo di Corvo (a+b)	75	Leonding	140	Cueva de Can Sadurní
11	Scamusso 14-19	76	Mondsee	141	Cueva de Chaves
12	Latronico 3	77	Obergrünburg	142	Cueva de la Dehesilla
13	Grotte de l'Uzzo (10-6)	78	Oelkam	143	Cueva de la Vaquera
14	Gr. Cotinenzia N I	79	Paura en Traun barn	144	Cueva del Calor
15	V. Leopardi	80	Sonnbichl	145	Cueva del Mirador
16	Maddalena di Muccia	81	Unterach - Misling II	146	Cueva del Moro
17	Gr. S. Angelo I	82	Weyregg	147	Cueva del Nacimiento
18	Ripabianca di M.	83	Baierdorf	148	Cueva del Toro
19	S. Stefano	84	Falkenstein-Schanzboden	149	Cueva dels Blaus
20	Arene Candide	85	Frauenhofen	150	El Mirón
21	Marmotta	86	Friebritz-Sur	151	El Retamar
22	Gr Piccioni	87	Kamegg	152	Ereta del Pedregal
23	Monte Maulo	88	Melk-Winder	153	Espluga de la Puyascada
24	San Marco	89	Potzneusiedl	154	Fuente de Isso
25	Gr Bella	90	Zwingen	155	Fuente Hoz
26	Neto-Via Negra	91	Birmatten 2 +1	156	Guixeres de Vilobí
27	Moletta Patone	92	Château d'Oex	157	Herriko Barra
28	Vhò/Campo	93	Freymond 4b	158	Kanpanoste
29	Ostiano	94	Liesbergmühle 6	159	Kobaederra
30	La Vela	95	Schötz 7	160	La Balma de la Font Voltada
31	Molino Casarotto	96	Petit-Chasseur I	161	La Balma de Guilanyà
32	Razza	97	Grandson	162	La Balma de la Griera
33	Casatico	98	Arbon Bleiche 3	163	La Balma del Gria
34	Cornuda	99	Châble-Perron I-II	164	La Cova del Parco

35	Rivarolo	100	Yvonand III	165	La Dou
36	Rivoli	101	Portalban/Les Grèves	166	La Fragua
37	Belforte	102	Schützenmatt	167	La Lampara
38	Monto Covolo	103	Zürick/Kleiner Hafner	168	La Loma del Lomo
39	Fingerholf	104	Egolzwil 3	169	La Renke
40	Isera	105	Auvernier NF	170	La Revilla
41	Pertusello	106	Twann	171	Lagrimal
42	Stefanin	107	La Draga	172	Lapa do Picareiro
43	Pian del Ciliego	108	abric de la Falguera	173	Los Barruecos
44	Azzurra	109	Abric de Sant Gregori	174	Los Husos
45	Edera	110	Abric del Filador	175	Los Gitanos
46	Zingari	111	Abrigo de la Peña	176	Los Cascajos
47	Miltreo	112	Aizpea	177	Malladetes
48	Piancada	113	Alqueria de Sant Andreu	178	Marizulo
49	Pupicina	114	Arenaza	179	Mazaculos II
50	Bannia	115	Bauma del serrat del Pont	180	Mendandia
51	Palú di Livenza	116	Bobila Madurell	181	Minas de Can Tintorer
52	Fontbregoua (39-45)	117	Bolumini	182	Molí de Salt
53	Fontbregoua (46-48)	118	Cabezo del Plomo	183	Nerja
54	Combe Obscure (C6)	119	Caserna de Sant Pau	184	Pala da Vella
55	Saint Mitre C3	120	Castillejos de las Peñas de los Gitanos	185	Parralejo
56	Fraischamp II C3	121	Cingle Vermell	186	Peña Larga
57	Gr Lombard	122	Cocina	187	Plansallosa
58	Châteauneuf/M	123	Collet de Puiggros	188	Pou Nou 3
59	Pendimoun	124	Cova 120	189	Santa Maira
60	Frigouras	125	Cova de la Guineu	190	Santa Maria dels Horts
61	Gr de l'Aigle	126	Cova de la Sarsa	191	Teso del Moral
62	St-Pierre de la Fage	127	Cova de les Bruixes	192	Timba del Barenys
63	Camprafaud 15-14	128	Cova de les Cendres	193	Tossal de la Roca
64	Jean-Cros 2a-b	129	Cova de l'Or	194	Vale Boi
65	Gazel I	130	Cova de Mas Gelat	195	Velderpino
				196	Zatoya

#### 4.2.1.1. Diversidad de las especies de mamíferos en asentamientos lacustres y terrestres durante el Neolítico

Los resultados obtenidos muestran como el número de especies de mamíferos explotados no varía de forma notable durante este intervalo temporal, documentando una diversidad relativamente homogénea desde el Neolítico Inicial (n = 3-19), Neolítico Medio (n = 3-21) hasta el Neolítico Final (n = 2-16) en las diferentes áreas geográficas objeto de estudio (Figura 4.3). Considerando el tipo de yacimiento, las especies explotadas tampoco varían de forma significativa entre yacimientos en aire libre (n = 2-18), en abrigo (n = 2-12) y en cueva (n = 3-19). En cuanto a la condición del yacimiento, las especies explotadas sí que varían notablemente entre yacimientos lacustres (N = 3-27), fluviales (N = 2-18), costeros (N = 5-12) y situados al interior (N = 1-6). Del mismo modo, se documentan porcentajes similares entre las especies domésticas y silvestres según la condición del yacimiento (yacimientos lacustres, doméstico = 60% / silvestre = 40%; yacimientos fluviales y de interior, doméstico = 53% / silvestre = 47%; y yacimientos costeros, doméstico = 58% / silvestre= 42%), con un predominio menor, en todos los casos, de especies silvestres. En cambio, se atestigua una importancia relativamente mayor

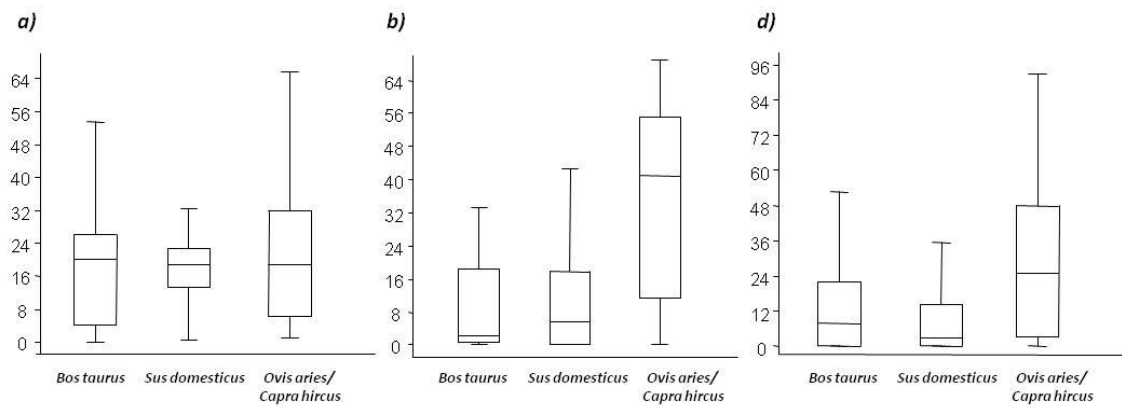
de las especies domésticas en los yacimientos lacustres mediterráneos (90%) en comparación con el área alpina (60%), en contraposición a la representación de las especies silvestres, con una importancia mayor en los yacimientos lacustres alpinos (40%) que en los yacimientos lacustres mediterráneos (10%). Por consiguiente, la condición del asentamiento es la variable más determinante en la diversidad de especies de mamíferos. Por su parte, el mayor número de especies de mamíferos registradas en los yacimientos lacustres puede estar influenciado por una mejor preservación de los restos orgánicos y con ello, un mayor grado de representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna.



**Figura 4.3.** a) Número de especies explotadas según el intervalo cronológico, b) Número de especies explotadas según el tipo de yacimiento, c) Número de especies explotadas según la condición del yacimiento.

#### 4.2.1.2. Variabilidad en la representación de las especies de mamíferos doméstica y silvestre en áreas lacustres y terrestres durante el Neolítico

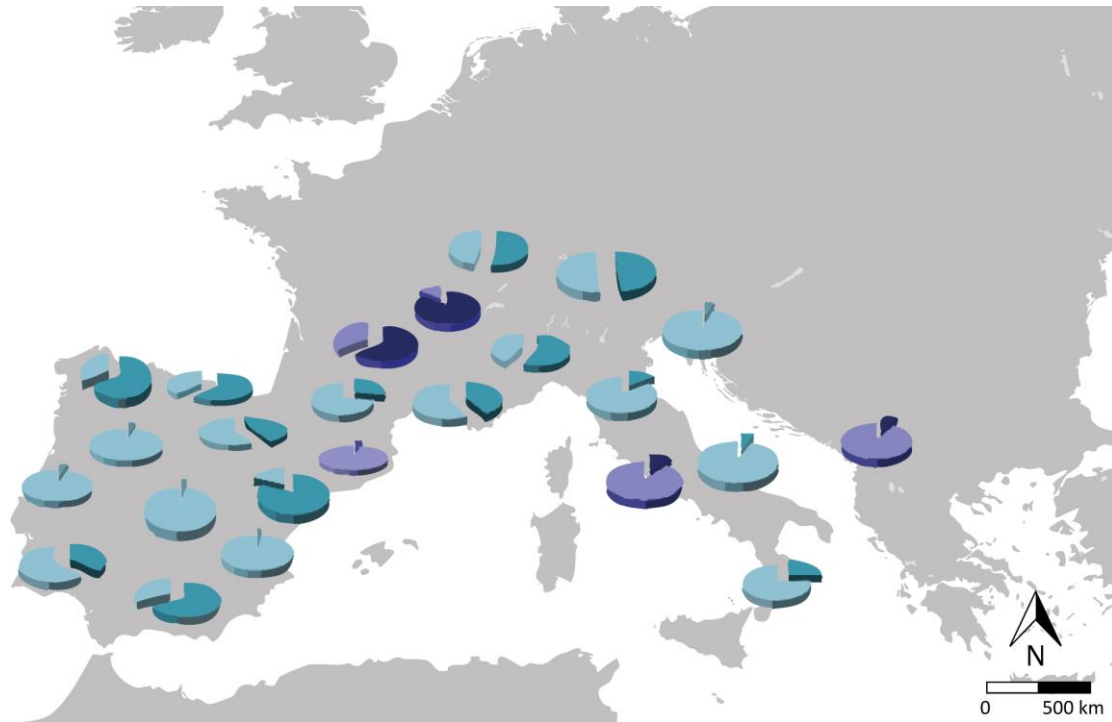
Los resultados obtenidos con el análisis comparativo demuestran que los yacimientos lacustres presentan porcentajes de representación más equilibrados entre las cuatro especies domésticas. En los yacimientos terrestres fluviales y costeros mediterráneos, *Ovis aries* y *Capra hircus* presenta una mayor importancia cuantitativa que los restos de cerdos y buey (Figura 4.4). La comparación entre los yacimientos lacustres durante el Neolítico muestra la práctica de una estrategia económica fuertemente enfocada a los animales domésticos, identificándose diferencias entre la región alpina y la mediterránea en lo que respecta a la representación relativa de restos de oveja y cabra. La representación de las especies silvestres varía considerablemente dependiendo del área geográfica y tipo de yacimiento. En los yacimientos lacustres de La Draga (España), La Marmotta (Italia) y Dispilio (Grecia), las especies silvestres representan menos de un 10% del total de los restos faunísticos, aunque incluyen alrededor de 10 especies de mamíferos silvestres diferentes (Tagliacozzo, 2005; Phoca-Cosmetatou, 2008; Saña, 2011).



**Figura 4.4.** Porcentaje de las especies animales domésticas en a) yacimientos lacustres, b) yacimientos costeros, y c) yacimientos fluviales.

Los animales documentados pertenecen a biotopos de bosque (caducifolio en altitud baja y mediana; perenne y mixta en altitud alta), ribera y costa. Al contrario, en los yacimientos lacustres de Chalain y Clairvaux (Francia) las especies silvestres representan el 90% (Arbogast y Pétrequin, 1993), con el predominio de ciervos sobre el resto de especies. Los yacimientos lacustres situados en Lago de Zurich, Lago Constance, Lago de Neuchâtel y Lago de Morat (Suiza), al igual que los yacimientos lacustres situados en la zona francesa, presentan estrategias de subsistencia basadas principalmente en la caza, con la intensificación de la misma durante el Neolítico. Los yacimientos lacustres mediterráneos presentan una menor variabilidad de especies silvestres, respecto a los yacimientos alpinos. Las prácticas de explotación de los recursos animales en yacimientos lacustres mediterráneos se caracterizarían por una mayor importancia de los rebaños domésticos, respecto a las especies salvajes (Figura 4.5).





**Figura 4.5.** Representación de las especies domésticas y silvestres en yacimientos lacustres y terrestres (para yacimientos terrestres: azul claro = animales domésticos, azul oscuro= animales silvestres; para yacimientos lacustres: morado claro = animales domésticos; morado oscuro = animales silvestres).

Las estrategias de subsistencia de las primeras sociedades agrícolas en ambientes lacustres y terrestres presentan, por tanto, un alto grado de variabilidad. Estas diferencias tienen que considerarse por motivos tanto ambientales (lacustre, terrestre) como culturales. La condición del asentamiento es una variable importante, ya que las condiciones anaeróbicas de los yacimientos lacustres influyen en la conservación de los restos arqueológicos. Debido a las diferencias en las condiciones de conservación de los restos, es difícil comparar la importancia relativa de animales de talla pequeña, o incluso, la propia representación de los animales domésticos, entre yacimientos lacustres y terrestres. El estudio comparativo realizado entre los yacimientos lacustres ha mostrado que no existe un patrón específico de explotación de las especies animales. En la región alpina se documentan, tanto en yacimientos lacustres como terrestres, frecuencias relativas más altas de animales salvajes sobre los domésticos. Este hecho ha sido explicado por varios autores como consecuencia de las deficiencias nutricionales causadas por el deterioro climático, los incendios y las plagas en los cultivos durante la cultura *Linearbandkeramik* (LBK) (Schibler 2001; Schiber y Jacomet, 2010). Durante períodos cortos con deterioro climático (tendencia fría/húmeda) la importancia de la caza alcanza porcentajes del 80%, documentándose principalmente el consumo de ciervo (Schiber y Jacomet, 2010). En cambio, en el área Mediterránea, tanto los yacimientos lacustres como los terrestres, las

especies domésticas presentan frecuencias relativas mayores que las silvestres. En esta área habría un mayor aprovechamiento de los recursos domésticos, practicándose durante el Neolítico, en la mayoría de los casos, una ganadería mixta con la explotación simultánea de ovejas, cabras, cerdos y bueyes.

En resumen, tanto las condiciones de preservación y los efectos de los agentes tafonómicos, como los factores culturales, deben ser considerados en la evaluación de la explotación de los recursos animales a inicios del Neolítico. La influencia del medio lacustre en la representación de las estrategias de subsistencia de las primeras sociedades agrícolas permite, en la mayoría de los casos, establecer un mayor grado de representatividad histórica de los conjuntos de restos de fauna. Aun así, y dada la mayor variabilidad de especies representadas, los yacimientos lacustres no presentan un patrón de explotación animal específico. La variabilidad existente entre las diferentes áreas geográficas y las frecuencias relativas de especies animales explotadas, varían en función de la modalidad de gestión practicada por parte de las diferentes comunidades.

#### **4.2.2. Los medios de alta montaña, ¿una gestión animal específica durante el Neolítico Inicial?**

4.2.2.1. Antolín, F; Navarrete, V; Saña, M; Viñerta, A; Gassiot, E. 2017. 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* 2017. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.056>

*Mountain sites are usually seen as sites connected to pastoral or transhumant activities. This paper proposes an alternative interpretation for Neolithic mountain sites found in the southern Pyrenean slopes. The archaeobotanical and archaeozoological record of highland and lowland sites from this region is compared in order to observe any differences in crop and animal husbandry. Available data indicate that mountain sites present a similar record to the one observed in the lowlands. Most sites show clear evidence of permanent activity, including agriculture, as well as other practices connected to medium- to long-term strategies like storage of plant products. We propose that more integrated analyses are needed in this and other regions to fully characterize mountain economy during the Neolithic, since no clear evidence of pastoralism or transhumance has been found.*



Contents lists available at ScienceDirect

Quaternary International

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/quaint](http://www.elsevier.com/locate/quaint)

## 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

Ferran Antolín <sup>a, \*</sup>, Vanessa Navarrete <sup>b</sup>, Maria Saña <sup>b</sup>, Ángel Viñerta <sup>b</sup>, Ermengol Gassiot <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Integrative Prehistoric and Archaeological Science (University of Basel), Spalenring 145, 4055, Basel, Switzerland

<sup>b</sup> Dept. of Prehistory, Facultat de Lletres, Universitat Autònoma de Barcelona, Campus de Bellaterra, 08193, Bellaterra, Spain

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Available online xxx

#### Keywords:

Interdisciplinary analysis  
Crop husbandry  
Animal husbandry  
Neolithic farming  
Iberian Peninsula

### ABSTRACT

Mountain sites are usually seen as sites connected to pastoral or transhumant activities. This paper proposes an alternative interpretation for Neolithic mountain sites found in the southern Pyrenean slopes. The archaeobotanical and archaeozoological record of highland and lowland sites from this region is compared in order to observe any differences in crop and animal husbandry. Available data indicate that mountain sites present a similar record to the one observed in the lowlands. Most sites show clear evidence of permanent activity, including agriculture, as well as other practices connected to medium- to long-term strategies like storage of plant products. We propose that more integrated analyses are needed in this and other regions to fully characterize mountain economy during the Neolithic, since no clear evidence of pastoralism or transhumance has been found.

© 2017 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

### 1. Introduction

Until recently, archaeological research in the eastern Iberian Pyrenees had been rather scarce (Oms et al., 2012). Since the beginning of the 21st century, significant advances have been made. Systematic archaeological prospection has increased, which has allowed the recording of plenty of structures that could be connected to different uses of mountain environments in the past. This work has occasionally been complemented with the excavation of archaeological sites (e.g. Díaz Bonilla et al., 2016; Gassiot et al., 2015a, 2014, 2016; Orengo et al., 2014; Rodríguez-Antón, 2011), while other times indirect proxies for human activities (such as pollen or microcharcoal) from fens, peat bogs or other natural environments located mostly above 2000 m a.s.l. were studied (see Cunill et al., 2012; Cunill et al., 2013; Miras et al., 2007, 2010). Off-site approaches provided detailed information of the changes taking place at these altitudes, but not always enough evidence of their anthropogenic origin or of the nature of the activities that were carried out, as reported by other researchers (Cunill et al., 2013). On the other hand, the available archaeobotanical and archaeozoological data from upland Neolithic sites

had been scarce until recently, which led to a number of theories on settlement economy in these areas that lacked of the appropriate on-site information.

There is a persisting idea in the archaeological literature dealing with the Neolithic of the NE of the Iberian Peninsula that connects anthropogenic presence in the Pyrenees from the onset of the Neolithic onwards to pastoral or transhumant activities (Lancelotti et al., 2014; Martín et al., 2010; Rojo Guerra et al., 2013; Rojo Guerra et al., 2014; Tornero et al., 2016). One of the problems that we encounter in using terms like pastoralism or transhumance for periods like the Neolithic is that these labels are usually never defined in the literature and therefore can be interpreted in many ways: there is not one kind of pastoralism or one kind of transhumance (see e.g. Bates and Lee, 1977; Chang and Tourtellotte, 1993; Halstead, 1996; Gassiot and Garcia, 2014; Khazanov, 1984; Moreno García, 1999). This preconception that links pastoral activities to mountain areas is partly due to our current perception of farming, usually dichotomized into crop husbandry and animal herding, leading some researchers to exclude any possibility of high mountain agriculture and sedentary life. Animal herding or pastoralism seems to be an “easier” way to make a life in difficult environments. Authors focusing on mountain economy emphasized that there exist indeed many complex mixed farming models in mountain regions where plant and animal herding interact

\* Corresponding author.

E-mail address: [ferran.antolin@unibas.ch](mailto:ferran.antolin@unibas.ch) (F. Antolín).

(Ebersbach, 2010; Vincze, 1980).

It is also common to find publications where human presence in middle mountain ranges is linked to hunting, wild plant gathering or some sort of what is considered to be incipient/primitive agriculture, usually non-permanent plots linked to slash-and-burn practices (Galop et al., 2003; Llovera, 1986; Orengo et al., 2014; Yáñez, 2005; Yáñez et al., 2002). Some authors interpret minor environmental impact during the early Neolithic together with evidence of fire in pollen profiles (in the form of peaks in micro-charcoal records) as supporting data for the existence of shifting agriculture in the northern slopes of the Pyrenees (Galop et al., 2013; Rius et al., 2009). There is actually no reason to exclude other possibilities like for instance low-scale intensive agriculture (*sensu* Bogaard, 2004b) combined with a low-scale strategy of landscape management, as proposed for other areas of Europe with similar debates between on-site and off-site data (Jacomet et al., 2016).

Critiques to these views have already been done by several authors who defend that the Mediterranean farming system is characterized by the intrinsic relation between agriculture, animal herding and woodland management (Antolín, 2015; Díaz-del-Río, 1995; Halstead, 1987, 1990). Halstead states that there is little empirical support for transhumant pastoralism or specialized pastoralism during Prehistory in the Mediterranean (e.g. Halstead, 1990). Nevertheless, there are researchers who argue that the Mediterranean lowlands would not provide enough pastures for herds and that these would be forced to be moved to higher lands during the summer months (Arnold and Greenfield, 2004). Concerning the role of hunting in mountain sites, warnings were cast by one of us after observing that the archaeozoological data also does not indicate that hunting activities were more important in mountain areas (Saña, 1998).

The question addressed in this paper is whether upland Neolithic sites in the study region relied for subsistence on herding, hunting and gathering to a significant extent, being locally grown crops not an important supply to their diets, and hence were inhabited by people with large numbers of livestock that would justify long- or medium-distance seasonal movement to different habitation sites at lower altitude. Our position is that during the first half of the Neolithic (roughly, the first 2 millennia, 5500–3500 cal. BC), herding was based on a local and household scale, in permanent settlements and short-distance movements of the herds, and therefore, that most mountain sites respond to more or less permanent mixed-farming communities. This is based on our previous interdisciplinary research on farming methods in some sites in the lowlands like La Draga (Antolín et al., 2014) and Can Sadurní Cave (Saña et al., 2015). We consider that the exchange mechanisms that make specialization (such as pastoralism or transhumance) possible were not available during the earliest phases of the Neolithic and that living from such specialized economic activities would not have been possible on the long term.

By comparing plant macroremains and archaeozoological remains found in sites in altitude and in the lowlands of our study region we consider that it should be possible to distinguish different types of economic specialization if that was the case. If an economic specialization based on seasonality existed in upland sites one should expect low amounts of chaff and weeds, as typically found in clean stored products (see Jones, 1990). When present, the weeds should resemble those found in clean products from sites found in the lowlands. In addition to this, more gathered plants belonging to the summer/early autumn might be present. Regarding livestock, one would expect differences between upland and lowland livestock ages and seasons of death, as well as, most likely, a smaller diversity of species in upland sites. If, in the opposite case, these communities were sedentary in the uplands,

one might expect adaptations to a different environment such as different crops, different livestock species or sizes, as well as different weeds connected to agricultural plots. Similar amounts of weeds and chaff to those found in the lowlands would be expected. Likewise, higher amounts of gathered plants typical of these environments (gathered all year round) could be expected.

Previous multidisciplinary approaches to mountain economy are known from the Alpine region (Delhon et al., 2008; Martin et al., 2012; Martin, 2014; Nicod et al., 2010), which would be among the closest parallels for our study region, but similar upland-lowland comparisons are not known to us. Comparisons of the archaeozoological record between cave sites (not necessarily in altitude) and open-air sites were performed in the Rhone Valley, but archaeobotanical data were not available for comparison (Bréhard et al., 2010; Helmer et al., 2005).

## 2. Materials and methods

### 2.1. The study region

The NE of the Iberian Peninsula (Fig. 1) is topographically and climatically a very diverse area (Folch, 1990; Folch et al., 1984). The Pyrenean region to the North, with an alpine, subalpine and sub-mediterranean climate (following an altitude gradient), run in east-west direction becoming higher and wider towards the west (reaching over 3000 m a.s.l.). In alpine and subalpine regions, the highest precipitation is expected (900–1200 mm), especially during spring. The Ebro River roughly defines the southern border of the area under study (Fig. 1). The coastal area has a typical Mediterranean, or mountainous Mediterranean, climate, mostly dry all year round, with mild winters and very hot summers. Further inland, the Central Depression, a large plain with a continental climate. Continental and coastal Mediterranean precipitation levels stay very low (below 500 mm). In general, the lack of water is a limiting factor in agricultural production in large areas of the lowlands at present.

Both palynological analyses and stable isotope analyses show a climatic change in the lowlands of this region starting around the beginning of the 4th millennium cal. BC. Until then, evidence for more humid conditions than at present was found. Between 4000–3000 BCE scarce autumn precipitation was observed in isotopic analyses (Aguilera et al., 2011, 2012), while an increase in Mediterranean taxa took place in most regions of the area under study (Pérez-Obiol et al., 2011). Palaeoclimatic research in the Pyrenees has been attempted by studying chrysophyte cysts and diatom records (Catalan et al., 2013; Pla and Catalan, 2005). A more continental climate than nowadays was observed for the first half of the Holocene (approximately until the end of the 6th millennium cal. BC), with warmer summers and colder winters than at present (Pla and Catalan, 2005). Other palaeoenvironmental records indicate phases of climatic ameliorations (with recession of the glaciers, drier conditions and warmer temperatures) during the first half of the 5th millennium cal. BC and during the change from the 5th to the 4th millennium and from the 4th to the 3rd millennium cal. BC (Galop, 2005). Particularly during the latter episode an aridification phase would be observed south of the Pyrenees (Jalut et al., 2000).

### 2.2. Archaeological sites

Material from 7 sites in the Pyrenean highlands was included in the analysis: Puyascada Cave, Coro Trasito, Els Trocs Cave, Sardo Cave, Balma Margineda, Camp del Colomer and Portes Cave. Fully quantified data for both plant and animal remains were only available for Coro Trasito and Sardo Cave. Their location is shown in Fig. 1. The complete number of sites included in this study, as well

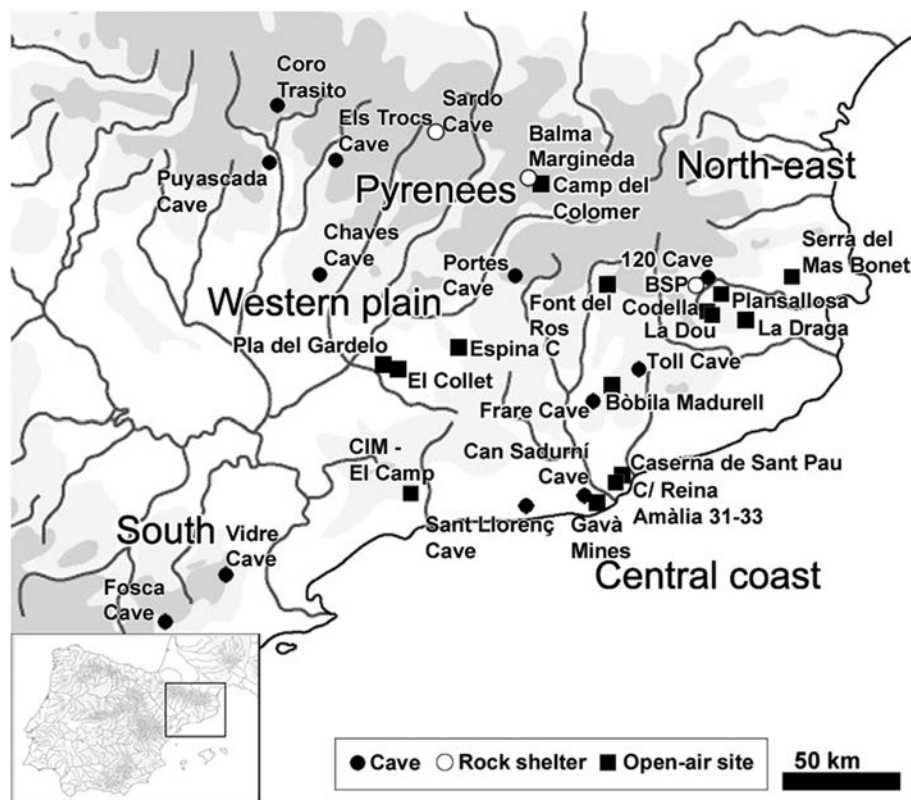


Fig. 1. Sites included in the analysis (for information on the chronology see Table 1).

as the total number of plant and animal remains recovered in each of them is presented in Table 1.

### 2.2.1. Puyascada Cave

Puyascada Cave or the Espluga de la Puyascada is located in La Fueva, Aragon, at ca. 1300 m a.s.l., and consists of a single chamber of 15 m of width. Four trenches adding up to 16 m<sup>2</sup> of surface were excavated in 1975 and three stratigraphic units were distinguished with the following approximate <sup>14</sup>C probability intervals: 5000–4685 cal. BC; 4580–4265 cal. BC and 3620–3020 cal. BC. Lithic use-wear analyses indicated a range of activities (including cutting possibly wild herbaceous plants, butchering activities, pottery making, etc.) that seem to go beyond the mere use of the cave as a shelter for pastoral groups (Mazzucco et al., 2013).

### 2.2.2. Coro Trasito

Coro Trasito is a large cave of more than 300 m<sup>2</sup> located at 1548 m a.s.l. in Tella-Sin (Huesca Province). The shelter has its own natural spring of water which is nowadays active during the summer and it contributes to a permanent spring found a bit lower in the mountain slope. The closest arable land is found 650 m away, around 1370 m a.s.l. Not far from the cave, at an altitude between 2100 and 2300 m a.s.l. there is a vast area of pastures. Two sondages were carried out in 2011 and 2013. Currently the site is being excavated extensively. Fifteen different layers were excavated in sondage 3 (about 1.70 m in depth were reached) and three Neolithic phases were identified, which date to 5300–5000 cal. BC, 4990–4885 cal. BC and 4785–4585 cal. BC. Several of these layers consisted in burnt excrement of ovicaprines (Clemente et al., 2016). In different settlement phases, post holes and other negative structures were found, indicating that the cave was multi-functional. The on-going excavation in extension of the younger Neolithic

phases already allowed the documentation of small storage pits.

### 2.2.3. Els Trocs Cave

Els Trocs Cave is a relatively small single cavity of about 15 × 6 m, located at 1564 m a.s.l. in Bisaurri (Aragón) and was occupied during the early and middle Neolithic in at least three different phases dated to 5315–4840 cal. BC, 4500–4340 cal. BC and 3940–2910 cal. BC (Lancelotti et al., 2014; Rojo Guerra et al., 2013). The cave is located in a large plain, which was traditionally used as pasture and arable land. Several natural springs of water are found nearby the site. Large numbers of pottery fragments and bones were found in the early Neolithic layers, as well as human bones. The site has been interpreted as a shelter for transhumant groups. Several pits of different size were found in the different settlement phases, sometimes interpreted as ritual deposits. Use-wear analysis on lithic tools also detected the presence of tools used for several activities, including cereal harvesting (Lancelotti et al., 2014; Rojo Guerra et al., 2013, 2014).

### 2.2.4. Sardo Cave

Sardo Cave is a small rock shelter (ca. 20 m<sup>2</sup>) located in Boí (Lleida Province). An area under the shelter and the adjacent slope of 60 m<sup>2</sup> was excavated between 2006 and 2008. It is next to the Sant Nicolau River, on a suntrap at 1790 m a.s.l., just 60 m above the river valley. High mountains of over 2000 m a.s.l. surround the valley, which is one of the wettest valleys in Catalonia at present, with an average annual rainfall of more than 1100 mm. It is 1 km away from the Llebrera pond, where a wider plant biodiversity was documented and small areas of arable land might be available. A wide chronological sequence was uncovered, from the 6th millennium cal. BC to the XVIIIth century AD. Our data are based on 4 Neolithic phases of occupation: phase 8 (4800–4400 cal. BC); phase

**Table 1**  
Sites included in the study, with altitude, chronology, number of recovered faunal remains (NR) and number of identified specimens (NISP), as well as the number of recovered seeds and fruits and the sampling strategy applied.

Code	Site	a.s.l.	Date (cal BC)	Archaeozoological data			Archaeobotanical data		
				NR	NISP	Reference	NR	sampling strategy	Reference
FS1	Fosca Cave	900	5730–4780	–	–	–	85	judgement	(Antolín et al., 2010; Antolín, 2016a, 2016b)
BMA1	Balma Margineda	970	5470–5320	–	–	–	130	judgement	(Marinval, 2008)
FR1	Font del Ros	650	5470–4800	–	–	–	680	judg-syst	(Pallarès et al., 1997)
CSP1	Caserna de Sant Pau	4	5305–5210	2404	1057	(Colominas et al., 2008)	148	judg-syst	(Buxó and Canal, 2008)
CT1	Coro Trasito	1548	5300–5000	371	205	(Viñerta, 2015)	182	ca. 10%	(Antolín, this paper)
CS1	can Sadurni I cave	420	5465–5310	1086	554	(Saña et al., 2015)	57,481	ca. 100%	(Antolín and Buxó, 2011b; Antolín, 2016b)
CCH1	Chaves Ib cave	663	5555–5310	8118	8083	(Castaños, 2004)	36	handpicked	(Zapata et al., 2008)
ZT1	Zatoya cave	900	5743–4590	927	922	(Mariekzurrena and Altuna, 1989)	–	–	–
TR1	Trocs I cave	1564	5315–4840	3022	1050	(Rojo Guerra et al., 2013)	–	–	–
LD1	la Draga	172	5466–5059	4864	4775	(Saña, 2011a,b)	310,730	systematic	(Buxó et al., 2000; Antolín and Buxó, 2011a; Antolín, 2016b)
CV1	Vidre cave	1120	5295–5020	2361	951	(Saña et al., in press)	–	–	–
CF1	Frare C6 cave	960	5221–5000	1075	546	(Navarrete and Saña, in preparation)	–	–	–
PLA1	Plansallosa	280	5300–4300	159*	–	–	50	judgement	(Bosch et al., 1998)
DOU1	La Dou	500	4900–4300	135*	–	–	345	judg-syst	(Antolín, 2016b)
RA2	Reina Amalia	4	4701–4360	3346	2394	(Navarrete, in preparation)	506	judg-syst	(Antolín, 2016b)
CSD2	Sardo C8 cave	1790	4800–4400	56	11	(Gassiot et al., 2015b)	33	ca. 20%	(Gassiot et al., 2012b; Antolín, 2016b)
SMB2	Serra de Mas Bonet	75	4900–4600	531	227	(Saña, 2011a,b)	95	judg-syst	(Antolín, 2016b)
CT2	Coro Trasito	1548	4990–4885	656	124	(Viñerta, 2015)	761	ca. 10%	(Antolín, this paper)
CF2	Frare C5 cave	960	4954–4363	1188	505	(Navarrete and Saña, in preparation)	–	–	–
CS2	can Sadurni II cave	420	5000–4600	567	199	(Saña et al., 2015)	–	–	–
TR2	Trocs II cave	1564	4500–4340	5094	1157	(Rojo Guerra et al., 2013)	–	–	–
C120	120 Cave	460	ca. 4500	45*	–	–	77	judg-syst	(Agustí et al., 1987; Antolín, 2016b)
CCJ	Camp del Colomer	1280	4500–3950	–	–	–	3447	judg-syst	(Antolín, 2016a, 2016b)
CSD3	Sardo C7 cave	1790	3900–3500	1334	21	(Gassiot et al., 2015b)	36	ca. 20%	(Gassiot et al., 2012b; Antolín, 2016b)
PY3	Puyascada cave	1320	4465–4345	365	307	(Castaños, 1984)	–	–	–
SMB3	serra de Mas Bonet	75	4100–3400	715	339	(Saña, 2011a,b)	4	judg-syst	(Antolín, 2016b)
CS3	can Sadurni III cave	420	4600–4200	936	501	(Saña et al., 2015)	1028	systematic	(Antolín, 2016b)
GAV3	Mines de Gavà/Can Tintorer	40	4200–3400	132*	–	–	399	judgement	(Villalba et al., 1986; Buxó et al., 1991; Alonso and Antolín, 2010; Antolín, 2016b)
CT3	Trocs III cave	1564	3940–2910	6545	1635	(Rojo Gyerra et al., 2013)	–	–	–
BM3	Bòbila Madurell	180	4200–3200	–	–	–	23,642	judg-syst	(Antolín, 2016b)
CSD4	Sardo C6 cave	1790	3300–3100	90*	3	(Gassiot et al., 2015b)	20	ca. 20%	(Gassiot et al., 2012b; Antolín, 2016b)
SMB4	serra de Mas Bonet	75	3400–2700	3450	1424	(Saña, 2011a,b)	43	judg-syst	(Antolín, 2016b)
BM4	Bòbila Madurell	180	2900–2000	59*	–	–	943	judg-syst	(Antolín, 2016b)
CPO4	Portes Cave	980	2875–2450	–	–	–	36	systematic	(Alonso, 1995)
CTO4	Toll Cave	745	3350–2500	–	–	–	9681	judgement	(Hopf, 1971)

7 (3900–3500 cal. BC)); phase 6 (3300–3100 cal. BC); and phase 5 (2900–2500 cal. BC) (Gassiot et al., 2012b, 2014).

Most of the occupation at the site took place in the area under the rock shelter, although in phase 6 a wooden roof was attached to its entrance. In each phase, fireplaces acted as a centre for productive activities, which were probably very diverse, considering the results of use-wear analysis on lithic tools (Mazzucco et al., 2014). Numerous findings of highly fragmented burnt bone fragments seem to show the repeated consumption of animal products at the site. All the prehistoric occupation phases are considered to be of relatively short duration (Gassiot et al., 2015b).

### 2.2.5. Camp del Colomer

The open-air site of Camp del Colomer is located in Juberrà (Andorra), at 1280 m a.s.l. Arable land, water (the Valira River) and lithic resources are located at less than 30 min from the settlement (Fortó and Vidal, 2016; Remolins et al., 2011). The excavation took place in 2009 (Martínez et al., 2011).

Two trenches of ca. 12 × 60 m and separated by ca. 35 m (which

were not affected by the construction works) were excavated. A total number of 40 structures were identified: two large dwelling-type pits; 7 silo-type pits and 31 negative structures (pits) of unknown function (Martínez et al., 2011). Not all features would have been strictly contemporary, but we will consider it as a single settlement phase dated around 4500–4000 cal. BC (Martins et al., 2015). The typological style of the potsherds recovered is considered to characterize a unique Pyrenean facies that Guilaine (2016) recently proposed to call *Juberrà* in honour to the site where this style – also present in other Pyrenean sites but originally misinterpreted – was identified. Around 30 grinding stones mostly used for cereal grinding, according to use-wear analyses, were also recovered from the site (Augé et al., 2016).

### 2.2.6. Balma Margineda

Balma Margineda is a shelter of ca. 20 × 6–7 m located at ca. 970 m a.s.l, close to the Valira river nearby Sant Julià de Lòria (Andorra). Layers 3a and 3b were attributed to the early Neolithic period (Guilaine and Martzluff, 1995) and recently the pottery style was

described as Late Cardial (Oms et al., 2012). Radiocarbon dates obtained both on charcoal and seeds date to the second half of the 6th millennium cal. BC, which would be in accordance to the pottery style, but a detailed evaluation of these dates concluded that further efforts are needed to understand the taphonomy of the site and that the obtained dates might not be contemporary to these settlement phases (Martins et al., 2015). Pits (potentially used for storage) and hearths were identified in these settlement phases, along with grinding stones. The nature of the settlement was considered as seasonal by the archaeologists, although this is currently discussed under the light of new research in the region (Fortó and Vidal, 2016).

### 2.2.7. Portes Cave

Portes Cave is located in Lladurs (Lleida Province), close to the seasonal Canalda River. The site is about 85 m<sup>2</sup> under the shelter and about 75 m<sup>2</sup> in its outer part. Layer 6 was only found in the inner part of the shelter and the pottery remains recovered in it link it to the late Neolithic Verazian culture (Castany et al., 2006). Several hearth features were identified, along with large vessels and a grinding stone (Alonso, 1995).

### 2.3. Archaeobotanical analyses

Archaeobotanical research has been carried out in five of the sites described in section 2.2: Coro Trasito, Sardo Cave, Balma Margineda, Camp del Colomer and Portes Cave. The quantified results for all of them have been published (Alonso, 1995; Antolín, 2016a; Clemente et al., 2016; Gassiot et al., 2012b; Marínval, 2008) except for the site Coro Trasito, which is presented here for the first time in a fully quantified form (ESM 1), yet as on-going research. The data used for the lowland sites has been fully published (Antolín, 2016b; Antolín and Jacomet, 2015; Antolín et al., 2015b). Material from another site, Els Trocs Cave (Lancelotti et al., 2014), was included in the discussion but not in the evaluation of the results, since no quantified data (only presence/absence) were published to date.

Probabilistic sampling was carried out in two sites (Sardo Cave, 20% of the sediment sampled, and Coro Trasito, 10% of the sediment), systematically-taken judgement samples were obtained from two other sites (Balma Margineda and Camp del Colomer) and systematic grid samples from the site of Portes Cave (see ESM 1). Samples were either water-sieved or processed with a flotation machine. A minimum sieve mesh size of 0.5 mm was used in all cases. In some instances, the 0.5 mm fraction was sub-sampled using a riffle-box. The total amount of remains for the sample was estimated on this basis. Multiplications were done only when more than three remains were found to avoid overrepresentation of rare finds. For Sardo Cave, 26 samples and 800 L of sediment were processed; for Coro Trasito, 22 samples and ca. 110 L; for Camp del Colomer 61 samples and 670 L. Details for Balma Margineda and Portes Cave are not known to us.

Identification and quantification criteria were homogenised as much as possible. Sardo Cave, Coro Trasito and Camp del Colomer followed the methodology published in previous work (Antolín, 2016b; Antolín and Buxó, 2011b; Antolín and Jacomet, 2015; Antolín et al., 2015b). The traditional nomenclature of cereal species will be used in this work (Jacomet, 2006) and the *Flora Manual dels Països Catalans* (de Bolòs et al., 2005) will be used for the nomenclature of wild plants.

Ratios, proportions (relative frequencies) and ubiquity were used to standardize the data and compare contexts, sites or groups of sites (see Popper, 1988). Only contexts with more than 35 remains were used for calculating proportions (following Alonso, 2008), while all samples were included in calculations of

ubiquity. Of a total of 261 contexts with seed and fruit remains in mountain and lowland locations, 92 had more than 35 remains (17 in the mountain context, that is to say, around 18.5% of the total).

Crop husbandry practices were approached by taking into account charred weed finds and their relevant ecological characteristics (Bogaard, 2002; Bogaard and Jones, 2007; McClatchie et al., 2014). Weeds may enter to the site as part of the field contaminants that survive some of the stages of cereal processing before taking the crop into the settlement (Jones, 1984; van der Veen, 2007) or as part of the dung remains that could have been used as fuel (Miller, 1984) or simply burned for hygiene in contexts of animal penning (Angelucci et al., 2009). Sometimes the taphonomic origin of the samples is difficult to disentangle and some samples might represent mixed deposits. The criteria for the selection of samples adequate for the evaluation of weed ecology is based on (Bogaard, 2004a: 64). The criteria for interpreting the weed ecology information was summarized by Bouby (2010: 122).

Finally, the criteria for the selection of important wild edible taxa followed previous work (Antolín and Jacomet, 2015).

### 2.4. Archaeozoological analyses

#### 2.4.1. Analysed sample

The role of animal husbandry during the Neolithic in highland and lowland settlements was assessed on the basis of direct studies of faunal assemblages from sites on which archaeobotanical studies were available in the area, complemented by published papers. Regarding highland sites in the Pyrenees, direct data were available on the Sardo Cave (Gassiot et al., 2015b) and Coro Trasito (Viñerta, 2015), and quantified data have been published on the Els Trocs Cave (Rojo Guerra et al., 2013) and Esluga de la Puyascada (Castaños, 1984). For comparative purposes, other sites located higher than 900 a.s.l. were considered, including settlements in the central Pyrenees, such as Zatoya (Navarran Pyrenees; Mariezkurrena and Altuna, 1989), and in other mountainous areas in the northeast of the peninsula, including the Frare Cave (Catalan pre-coastal mountain range; Navarrete and Saña, in preparation) and the Vidre Cave (Catalan southern coastal mountain range; Saña et al., in press). Zatoya is remarkable as the only characteristic evidence of Neolithic groups at the site is summed up by the presence of ceramics. Consequently, it is not known whether the group was strictly speaking Neolithic or acculturated. Sites located at lower altitudes that were included in the comparative analysis were selected taking into account their chronology, condition and the sample representativeness. The aim was to ensure that both open-air sites and caves were represented (Table 1). In the case of La Draga (Saña, 2011a,b; Saña et al., 2014; Antolín et al., 2013; 2014), the Can Sadurní Cave (Saña et al., 2015) and Caserna de Sant Pau (Colominas et al., 2008), we refer to data that we had gathered and published previously, whilst data on Reina Amalia (Navarrete, in preparation) and the Serra de Mas Bonet (Saña, 2011a,b; Rosillo et al., 2015) is still unpublished. By way of comparison, we considered qualitatively data obtained recently on the Fosca Cave (Llorente, 2010, 2015; Llorente et al., 2014), a mountain site in the Maestrat range to the south of the River Ebro.

To facilitate the comparison, and assess the dynamics of change over time, we grouped the sites according to four time intervals, using the most common systematization proposed for the Neolithic period: (1) Early Neolithic (5500–5000 cal. BC), (2) Late Early Neolithic (5000–4500 cal. BC), (3) Middle Neolithic (4500–3500 cal. BC) and (4) Late Neolithic (3500–2500 cal. BC).

#### 2.4.2. Variables and quantification units used in the comparative analysis

Comparisons were based on the number of identified specimens

(NISP), in order to standardize data and thus ensure the validity of the comparisons. The NISP was used to calculate the relative percentages of representation of the various animal species. In terms of domestic species, dog remains were excluded from the study, in line with the study objectives. The percentages of this species were relatively low at most of the sites, and dogs would not have been bred during the Neolithic period for productive purposes. In terms of wild species, the most common medium to large mammals were considered individually (*Cervus elaphus*/red deer, *Sus scrofa*/wild boar, *Capreolus capreolus*/roe deer and *Capra pyrenaica*/wild goat). In contrast, small mammals were grouped into two categories (carnivores and lagomorphs), to reduce potential biases in their recovery, study and publication. In the case of *Oryctolagus cuniculus* (wild rabbit), we took into account whether or not a taphonomic analysis had been carried out, and different authors' considerations of how remains of this species had been deposited. The percentages of representation of wild species compared to domestic species, and the diversity of species that were exploited, were used to assess the importance of hunting and livestock farming in each settlement. On the basis of the physiological characteristics, food requirements and productive capacities of domestic species, we undertook an integrated analysis of their representation at each site, by means of correspondence analysis. We considered the trinomial of sheep/goat (*Ovis aries*+*Capra hircus*+sheep/goat), *Bos taurus* and *Sus domesticus*. For this purpose, a table of relative percentages of representation, based on the NISP, was drawn up for domestic species only. The same operation was carried out individually for the wild ungulate species (see [ESM2](#)).

One of the greatest limitations to assessing the importance of livestock farming compared to hunting during early Neolithic is the difficulty in distinguishing between wild and domestic animals

using morphological and biometric criteria. Animal husbandry practices and environmental characteristics can affect the physical variability of animals in the same species. Biometric analysis of the remains of the four main domestic species represented at the sites enabled us to establish their variability at geographic level, and assess the degree of homogeneity in herds. Standard criteria published by von den Driesch in 1976 were used for the measurements. As very few measurements were available for some of the sites, the comparative analysis was based on the log-ratio technique ([Meadow, 1999](#)). The standard population published by [Albarella and Payne \(2005\)](#) was used for pig; and those compiled by [Daniel Helmer \(unpublished\)](#) were used for sheep, goat and cattle. The logarithmic formula  $(\log x - \log m) = \log (x/m)$  was used for the comparison. On the basis of log size index (LSI) values, and to compare data by chronology and geography, we used the Kruskal-Wallis test ([Hammer et al., 2001](#)), with a level of statistical significance at  $\alpha = 0.05$  (see [ESM3](#)). Box plot diagrams showed the intervals of variability and measurements for each of the species and sites in the sample, organized by altitude. Assemblages with an excessively low number of measurements for some of the species were only included as a guide and were highlighted (\*) in graphical representation.

The age of the animals represented at the sites is another parameter that was examined. Demographic patterns of populations are commonly used to infer the hunting and livestock production strategies that were implemented, and whether sites were occupied temporarily or permanently. Slaughter patterns documented for each species indicate the products used from the species, and the type of animal husbandry that was practiced ([Vigne and Helmer, 2007](#)). The presence of remains of perinatal specimens at a site also indicates the function of the occupation

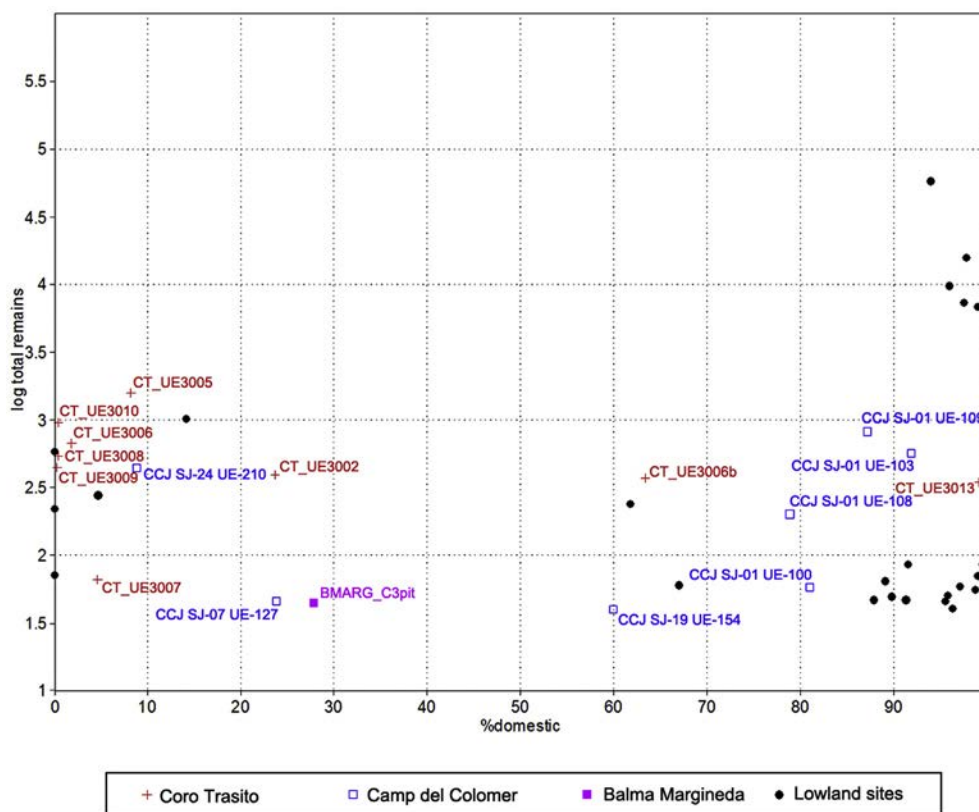


Fig. 2. Scatterplot showing the proportion of domestic plants per archaeological context and the number of remains per sample on a logarithmic scale. Codes are given for all contexts from sites in altitude in the Pyrenees.



(Martín et al., 2016), and can provide information about the mobility of the populations. Therefore, taking into account that varied information is available on this point (different criteria and age intervals are used depending on the author), age data were organized into the following categories: foetal, neonatal, infantile, juvenile, sub-adult and adult. The minimum number of individuals (MNI) of a species/age was recorded, and the relative percentage of representation was calculated. For sites that had no quantified data on this aspect, we incorporated estimates made at qualitative level. We then compared the demographic patterns between highland and lowland sites, taking into account the chronology.

### 3. Results

#### 3.1. Archaeobotany

In total, 73 different contexts located in sites in the highlands yielded plant macroremains. Not all sites produced similar amounts of data: Sardo Cave and Portes Cave yielded poor assemblages (below 35 identifiable remains per settlement phase), while Balma Margineda, Coro Trasito and Camp del Colomer showed much richer records of plant macroremains, particularly the last two. The proportion of domestic plant remains per archaeological context was plotted against the total number of remains for all sites in the region (mountain sites and sites in the plain, for comparison) (Fig. 2). Rich samples (>1000 items) were rare in the investigated mountain contexts. At the same time, more diversity in the relative

importance of domestic plants was observed. Both Camp del Colomer and Coro Trasito yielded contexts that were rich in crops (presumably more related to human consumption activities), yet also contexts with a vast majority of wild plants, like sample SJ-24 UE-210 (a silo pit) of Camp del Colomer or several phases in Coro Trasito (possibly connected to animal penning inside the cave) (Fig. 2). Some samples from sites located in the lowlands were also rich in wild plants. Three of these samples come from two sites (La Dou and Serra del Mas Bonet) located at the northeast sector of the region under study. This area is nowadays characterized by a more humid environment and the presence of more supramediterranean taxa. Another sample came from Fosca Cave, the only other site in altitude (900 m a.s.l.) in the region, but to the south of the Ebro River, in the Maestrat mountains (Antolín et al., 2010), and one final sample came from a funerary context at the Can Tintorer Mines, where a large number of olive stones were found (Buxó et al., 1991).

#### 3.1.1. Cultivars

Certain trends can be observed by looking at the main cultivars per settlement phase (Fig. 3). Barley, particularly naked barley (*Hordeum vulgare* L. var. *nudum*), was found in most settlement phases, except in the Middle Neolithic phase of Sardo Cave (very poor in plant macroremains) and in the late Neolithic phase of Portes Cave (also poor in remains). Naked barley was the main crop in most phases of Coro Trasito, as well as in Camp del Colomer. Naked wheat (*Triticum aestivum* s.l./*durum* Desf./*turgidum* L.) was present in most phases but only once (Coro Trasito, UE 3005) as the

	5500-5000 cal BC		5000-4500 cal BC				4500-3500 cal BC		2750-2500 cal BC
	Balma Margineda_C3	Coro Trasito_UE3013	Coro Trasito_UE3006b	Coro Trasito_UE3005	Coro Trasito_UE3002	Cova del Sardo_8	Camp del Colomer	Cova del Sardo_6	Cova de les Portes
<i>Hordeum vulgare</i> , grain		■							■
<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> , grain		■	■	■	■	■	■	■	
<i>Hordeum</i> sp., grain	■		■				■		
<i>Hordeum</i> sp., chaff	■						■		
<i>Triticum aestivum/durum/turgidum</i> , grain	■			■				■	
<i>Triticum durum/turgidum</i> , chaff	■				■		■		
<i>Triticum dicoccum</i> , grain		■	■				■		
<i>Triticum dicoccum</i> , chaff		■	■				■		
<i>Triticum dicoccum/monococcum</i> , chaff		■	■						■
<i>Triticum monococcum</i> , grain		■	■				■		■
<i>Triticum</i> sp., grain	■	■	■	■	■		■		■
Cerealia, grain		■	■	■	■		■		■
<i>Pisum sativum</i>	■			■			■		
cf. <i>Linum usitatissimum</i>		■					■		
<i>Papaver somniferum</i>							■		

Fig. 3. Synthesis of main crops (semiquantified as present, abundant or very abundant) found in Neolithic settlement phases of sites located in the Pyrenean region (contexts with less than 50 crop items at Coro Trasito were not included).

**Table 2**  
Ubiquity of the main crops and crop groups in highlands and in the lowlands. Only charred preservation considered.

	Highlands (73 samples)		Lowlands (188 samples)	
	Ubiquity (no. of samples)	% ubiquity	Ubiquity (no. of samples)	% ubiquity
<i>Hordeum vulgare</i> , grain	2	2.7	51	27.1
<i>Hordeum vulgare</i> var. <i>nudum</i> , grain	29	39.7	46	24.5
<i>Hordeum</i> sp., chaff	2	2.7	6	3.2
<i>Triticum aestivum/durum/turgidum</i> , grain	17	23.3	91	48.4
<i>Triticum aestivum/durum/turgidum</i> , chaff	2	2.7	5	2.7
<i>Triticum dicoccum</i> , grain	7	9.6	30	16.0
<i>Triticum dicoccum</i> , chaff	1	1.4	8	4.3
<i>Triticum dicoccum/monococcum</i> , chaff	3	4.1	1	0.5
<i>Triticum monococcum</i> , grain	1	1.4	19	10.1
<i>Triticum monococcum</i> , chaff	0	0.0	7	3.7
<i>Lens culinaris</i>	0	0.0	5	2.7
<i>Pisum sativum</i>	11	15.1	5	2.7
<i>Vicia sativa</i> type	0	0.0	1	0.5
<i>Vicia</i> cf. <i>ervilla</i>	0	0.0	1	0.5
<i>Vicia faba</i> , seed	0	0.0	5	2.7
cf. <i>Linum ussitatissimum</i>	2	2.7	0	0.0
<i>Papaver somniferum</i>	5	6.8	3	1.6
<b>Cultivated plants</b>	<b>50</b>	<b>68.5</b>	<b>160</b>	<b>85.1</b>
<b>Cereal grain</b>	<b>47</b>	<b>64.4</b>	<b>157</b>	<b>83.5</b>
<b>Cereal chaff</b>	<b>6</b>	<b>8.2</b>	<b>13</b>	<b>6.9</b>
<b>Legumes</b>	<b>12</b>	<b>16.4</b>	<b>14</b>	<b>7.4</b>

main crop (crop finds in this phase are rather low in numbers, see [ESM1](#)), together with naked barley. It is also absent from Portes Cave and one of the phases of Sardo Cave. Glume wheats never were the best-represented taxon in any site. Cereal chaff was recovered in all phases of Coro Trasito, including all cereal taxa mentioned. Chaff remains of glume wheats were also found at Portes Cave. Only one type of cultivated legume was identified in three sites (Balma Margineda, Coro Trasito and Camp del Colomer): pea (*Pisum sativum* L.). Several seeds of opium poppy (*Papaver somniferum* L.), presumably cultivated (seeds from the cultivated and the wild variety cannot be distinguished but this species does not grow above 900 m a.s.l. currently in our region), were also found at Camp del Colomer, and, finally, one possible charred seed of flax (*Linum ussitatissimum* L.) was found at the same site. One mineralised seed that could belong to flax was observed at Coro Trasito, but both identifications should be regarded as unsure and more findings would be desirable.

When comparing ubiquity values obtained for each different crop in mountain areas or in the lowlands, one can observe that some crops like hulled barley or einkorn were very rare in mountain sites, while naked barley was more frequent there than in the lowlands ([Table 2](#)). In general, the ubiquity of crop remains was lower in the highlands (68.5%), compared to the lowlands (85.1%). Legumes were better represented in sites located above 900 m a.s.l., particularly pea. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) seemed to be less well represented, although it is reported to be present in other sites

in altitude like Els Trocs Cave ([Lancelotti et al., 2014](#)). Oil plants were also well represented in samples from sites in the highlands, both opium poppy (although until now it was only found at Camp del Colomer) and flax.

### 3.1.2. Potential field weeds

Two sites provided larger amounts of potential weeds: Camp del Colomer and Coro Trasito. Nevertheless, only Camp del Colomer yielded samples that fulfilled our requirements to identify the associated synanthropic plants as weeds (see section 2.3.). The samples were clean products, lacking any chaff remains. The ecological features of these taxa indicate a dominance of annual plants, with presence of plants with vegetative reproduction and some taxa with short and medium flowering periods ([Table 3](#)). Most of the taxa grow nowadays up to 1400–1600 m a.s.l. and one taxon, the most abundant, field pennycress (*Thlaspi arvense* L.), is most frequently found between 900 and 1600 m a.s.l. in the region under analysis.

### 3.1.3. Gathered wild plant foods

Wild plants were present more often in samples recovered in sites located in the Pyrenees. More than 70% of the samples with seed and fruit remains contained remains of important edible wild plants. On the contrary, only ca. 20% of samples in the lowlands had evidence of wild fruits. Amongst the best-represented wild fruits, hazelnuts (*Corylus avellana* L.), acorns (*Quercus* sp.), wild

**Table 3**  
Weed taxa found together with pure assemblages of naked barley at Camp del Colomer (seed dimensions and growth height classified following [Kreuz and Schäfer, 2011](#) and flowering time following [Bogaard et al., 2001](#)).

	Life span	Ecology	Reproduction type	Seed dimensions	Growth height	Flowering onset/length	Germination period	Altitude (m a.s.l.)	NR
<i>Chenopodium album</i>	annual	disturbed places	seed	small	low	long	spring/summer	0–1400 m	5
<i>Polycnemum arvense</i> s.l.	annual	disturbed places	seed	small	low	medium-intermediate	autumn	0–1600 m	1
<i>Polygonum convolvulus</i>	annual	disturbed places	seed	medium	medium	short-intermediate	autumn	0–1400 m	1
<i>Reseda luteola</i>	hemicryptophyte		seed	small	low	long	autumn	0–1400 m	1
<i>Solanum</i> sp.	annual	disturbed places	seed	medium	medium		cf. spring/summer		2
<i>Thlaspi arvense</i>	annual	disturbed places	seed	small	low	short early	spring/autumn	600–1700 m	152
<i>Urtica dioica</i>	hemicryptophyte	ruderal grasslands	seed/vegetative	small	low	long	spring	0–2400 m	29

**Table 4**  
 Synthesis of the most relevant gathered taxa at highland sites in the Iberian Pyrenees. Semi-quantified values from present (\*) to very abundant (\*\*\*\*). Gathering season: A: autumn, W: winter, SP: spring, S: summer.

	Approximate gathering season		5500-5000 cal BC				5000-4500 cal BC				4500-3500 cal BC				2750-2500 cal BC	
	BMARG-C3base	C3pit	BMARG-C3	BMARG-C3a	CT-UE3015	CT-UE3010	CT-UE3009	CT-UE3006b	CT-UE3006	CT-UE3005	CT-UE3002	SARDO-8	CAMP DEL COLOMER	SARDO-7	SARDO-6	CPORTES
<i>Corylus avellana</i>	**	****	*	****	*	*	*	*	**	**	**	***	***	*	*	*
<i>Fragaria vesca</i>												***	***			
<i>Pinus</i> sp., cone scale		*			*											
<i>Pinus sylvestris</i> , cone scale										*				*		
<i>Pistacia terebinthus</i>		**											*			
cf. <i>Pyrus pyraster</i>													*			
cf. <i>Pyrus</i> sp.													*			
<i>Pyrus malus</i> subsp. <i>sylvestris</i>													*			
<i>Pyrus malus/pyraster</i>										*		**	*			
<i>Pyrus malus/Sorbus domestica</i>										*		*	*			
<i>Quercus</i> sp.										*		**	**	*		*
<i>Rosa</i> sp.										*		*	*			
A,W										*		*	*			
<i>Rubus fruticosus</i>										****	****	****	*	*		*
<i>Rubus idaeus</i>										****	****	****	*	*		*
<i>Taxus baccata</i>										*	*	*	*			*
<i>Vitis vinifera</i> var. <i>sylvestris</i>										*	*	*	*			*

strawberry (*Fragaria* sp.), wild apple/pear (*Pyrus malus/pyraster*) and bramble (*Rubus* sp.) stand out. Sometimes high amounts were found, like those of hazelnuts in Balma Margineda, Coro Trasito and Camp del Colomer; or acorns in Camp del Colomer; and bramble in Coro Trasito (Table 4). It was already pointed out in previous publications that specific concentrations of charred hazel nutshells and acorns were found in different pits at Camp del Colomer (Antolín, 2016a, 2016b; Antolín and Jacomet, 2015). The seasons in which most of these fruits were available are summer and autumn (Table 4). When looking at the number of remains found in total for the Neolithic period in each part of the territory, some further trends could be observed (Table 5). Some taxa like strawberry tree (*Arbutus unedo* L.), hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.), wild olive (*Olea europaea* L. var. *sylvestris* (Mill.) Brot.) and mastic tree (*Pistacia lentiscus* L.) were only found in the lowlands. This is mostly due to ecological reasons, since these taxa are more typical of Mediterranean or submediterranean woodlands and shrub formations. Other taxa like *Fragaria*, *Pyrus* sp. or *Rosa* sp. were only found in charred form in the Pyrenean sites.

### 3.2. Archaeozoology

In total, 23 contexts were analysed (NR = 49,101; NISP = 26,990). Data on the Sarde Cave were not considered in the quantitative evaluation, due to the condition of the faunal assemblages at this site. The sample analysed from the Sarde Cave is comprised of 3100 faunal remains, distributed in a different way through the levels of the site. All of the assemblages have the same characteristics, with a high degree of fragmentation (85% of the remains measure less than 2 cm) and oxidation (99% of the remains are burnt). The 32 remains that are specifically classified are all from sheep/goat (Gassiot et al., 2015a).

We calculated the percentages of representation of domestic versus wild species (Fig. 4), to assess whether the representation of animal husbandry varied in settlements at different altitudes. As can be seen, the domestic component of assemblages stood at above 90% or even 95% in almost all of the 11 studied settlements. Zatoya was the only site where just wild species were identified. The same pattern of a high domestic component was documented at highland sites such as Coro Trasito, Puyascada or the Els Trocs Cave. Although quantification was not possible for Balma Margineda (Geddes, 1980), domestic species were also highly represented at this site. Relatively lower percentages were recorded for the Vidre Cave (1120 m a.s.l.) and the Can Sadurní Cave (420 m a.s.l.) during the earliest occupation, and for the Chaves Cave (663 m a.s.l.). From early Neolithic, the management of domestic species played an important role in all environments. Fig. 4 (lineal % wild) evidences a general drop in the frequencies of wild species during the Neolithic, which is not correlated with any environment in particular. Different patterns can be observed at sites that were occupied successively. At Coro Trasito, for example, the presence of wild species increased notably in the Late Neolithic (from 7.8% to 16.3%), whereas in Can Sadurní it dropped (from 28.50% to 8.92%) and in the Frare Cave it remained stable (1.28% and 1.58% respectively).

The diversity of animal species that were exploited has been evaluated in some cases in relation to the degree of permanence and stability of settlements occupation. In the analysed sample, the number of mammal species that were represented ranged between 5 and 19 (Table 6). Greater variability was registered in lowland settlements (SD = 4.06) than in settlements located above 900 m a.s.l. (SD = 2.1). However, when we assess this parameter, we should bear in mind the lack of systematized data on fish, birds and molluscs; all of these resources have a high impact on the values of this index. In this study, diversity was basically defined by

carnivores, species that were not always hunted for food. A higher number of carnivore species was exploited at the sites of Zatoya ( $n = 6$ ), Chaves ( $n = 7$ ) and la Draga ( $n = 4$ ), with no significant differences between caves and open-air settlements.

In relation to domestic species, sheep/goat, pig and cattle remains were recovered simultaneously in all of the analysed assemblages from the Early Neolithic, regardless of the altitude of the sites. The exception was the Zatoya site. A comparative analysis shown that sheep/goat was the most widely represented throughout the study period (Fig. 5; Table 7), and was also the taxon with the greatest variability between assemblages. The representation of sheep/goat was always above 30%. Sheep was higher represented than goat in most of the environments for which individual data were available on the two species.

Fig. 5 differentiates between highland and lowland sites also. In this case, contrasting patterns can be observed between the species depending on the altitude, particularly between the combination of pig and cattle, and sheep/goat. The graphic representation of the results obtained using correspondence analysis (Fig. 6; see ESM2 for CA row and column variables) breaks down this trend for each site. It highlights the greater relative importance of cattle at open-air, lowland sites (Serra de Mas Bonet, Reina Amalia); the combination of pig and cattle also at open-air, lowland sites (Caserna de Sant Pau, La Draga and the intermediate occupation of the Serra de Mas Bonet); and of pig in the Frare Cave, Can Sadurní Cave, Coro Trasito, Els Trocs Cave, Chaves Cave, Vidre Cave and, to a lesser extent, Puyascada, were more attracted to sheep/goats. All of the highland sites that were analysed followed this latter pattern.

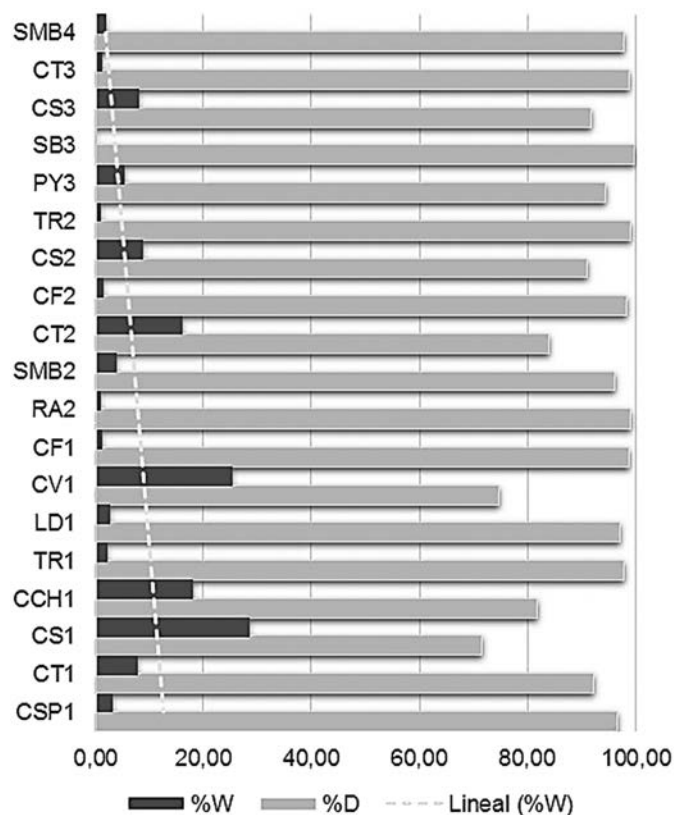
The results of biometric analyses of the remains of the four main domestic species can be used to characterize the animal populations, and assess the degree of size variability between sites and territories (Fig. 7a, b, c, d; see ESM3 for Kruskal–Wallis  $p$  values obtained for *Sus*, *Bos*, *Capra* and *Ovis* osteometric data). For pig, the intervals obtained for *Sus scrofa* at Zatoya and Chaves are differentiated in the representation (in black). The results show clear differences between domestic and wild forms, and between some domestic populations. In general, animals at lowland sites have smaller size and showed a greater degree of variability. For cattle, the population of *Bos primigenius* documented in the Chaves Cave has been represented as a reference. The pattern recorded is similar to that described for pig. Wild goats represented in the Vidre Cave were smaller than those at Zatoya and the Chaves Cave. A certain degree of variability was registered in the domestic population, although similarities were also revealed between populations from different types of settlements. Finally, fewer measurements are available for *Ovis aries*, and only five sites could be represented. Nevertheless, the pattern obtained differs from that recorded for the above species, as a considerable degree of homogeneity was documented. Kruskal–Wallis  $p$  values highlight the similarity between the size of sheeps represented at different sites.

The recorded variability is the result of both environmental characteristics and management strategies. To assess husbandry tendencies for each species and site, we carried out a comparative analysis of slaughter patterns, taking into account the MNI represented in each age group (Fig. 8a,b,c,d). Pigs were generally consumed at juvenile and sub-adult ages, and there were relatively high frequencies of adult specimens at open-air, lowland settlements. There was a high percentage of neonatal specimens in Frare Cave site. In general, sub-adults and adult specimens of *Bos taurus* were higher represented, except at La Draga, where neonatal and infant specimens are documented at high frequencies. The pattern obtained for sheep and goat is similar, with a predominance of animals consumed before the adult age. The presence of foetal/neonatal specimens is documented in both caves and open-air sites.

**Table 5**

Total number of fruits (MNI), ubiquity of the main crops and crop groups in highlands and in the lowlands. Only charred preservation considered.

	Highlands			Lowlands		
	NR	Ubiquity	%	NR	Ubiquity	%
<i>Arbutus unedo</i>	0	0	0.0	238	3	1.6
<i>Corylus avellana</i>	416	41	56.2	25	10	5.3
<i>Crataegus monogyna</i>	0	0	0.0	216	1	0.5
<i>Fragaria vesca</i>	183	9	12.3	0	0	0.0
<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>	0	0	0.0	178	4	2.1
<i>Pinus</i> sp., cone scale	1	1	1.4	34	7	3.7
<i>Pinus sylvestris</i> , cone scale	2	2	2.7	0	0	0.0
<i>Pistacia lentiscus</i>	0	0	0.0	54	12	6.4
<i>Pistacia</i> sp.	0	0	0.0	16	6	3.2
<i>Pistacia terebinthus</i>	14	1	1.4	0	0	0.0
cf. <i>Pyrus pyraster</i>	1	1	1.4	0	0	0.0
cf. <i>Pyrus</i> sp.	3	1	1.4	0	0	0.0
<i>Pyrus malus</i> subsp. <i>sylvestris</i>	18	5	6.8	0	0	0.0
<i>Pyrus malus/pyraster</i>	6	2	2.7	0	0	0.0
<i>Pyrus malus/Sorbus domestica</i>	1	1	1.4	1	1	0.5
<i>Quercus</i> sp.	34	10	13.7	99	19	10.1
<i>Rosa</i> sp.	6	3	4.1	0	0	0.0
<i>Rubus fruticosus</i>	2233	10	13.7	16	4	2.1
<i>Rubus idaeus</i>	2	1	1.4	1	1	0.5
<i>Taxus baccata</i>	96	3	4.1	1	1	0.5
<i>Vitis vinifera</i> subsp. <i>sylvestris</i>	1	1	1.4	21	9	4.8
<b>Gathered wild plants</b>	<b>395</b>	<b>53</b>	<b>72.6</b>	<b>907</b>	<b>42</b>	<b>22.3</b>



**Fig. 4.** (%) Relative representation of domestic versus wild animal species by site in chronological order. The dashed line (Lineal %W) indicates the trend of wild species representation at chronological level.

Finally, we assessed the role of hunting in the framework of the various economic strategies that were practiced. As mentioned above, hunting was documented as the sole means of supplying food at the Zatoya site only. The species of ungulates that were

**Table 6**  
Number of mammal species represented at highland and lowland settlements.

	Highlands	Lowlands
N	10	10
Min	6	5
Max	14	19
Mean	8,9	10,4
Stand. dev	2,18	4,06
Coeff. var	24,53	39,04

hunted were practically the same at all of the sites that were analysed. In the assemblages, cervids, wild boar and, to a lesser extent, wild goat are predominant. Apart from carnivores, the rest of the mammal species that were hunted for consumption were lagomorphs, and mainly rabbit. Rabbit hunting has been documented to a certain extent in almost all environments. It was found to be more important in Can Sadurní Cave ( $n = 174$ ), Vidre Cave ( $n = 53$ ) and Chaves Cave ( $n = 1841$ ), although remains of the species may have been deposited naturally at this last site (Castaños, 2004). Wild ungulate species are represented in percentages that range between 15.27% and 0.26%, with an average of 4.5%. As in the domestic species, an integrated analysis of the relative percentages of ungulates at each site was undertaken by correspondence analysis (Fig. 9; see ESM2 for CA row and column variables). Three patterns were observed. A predominant pattern was found at most of the sites under study, and was focused on cervids. This pattern was evident at all highland sites (except the Vidre Cave, which was more attracted to wild goat, probably due to the topography in this area).

## 4. Discussion

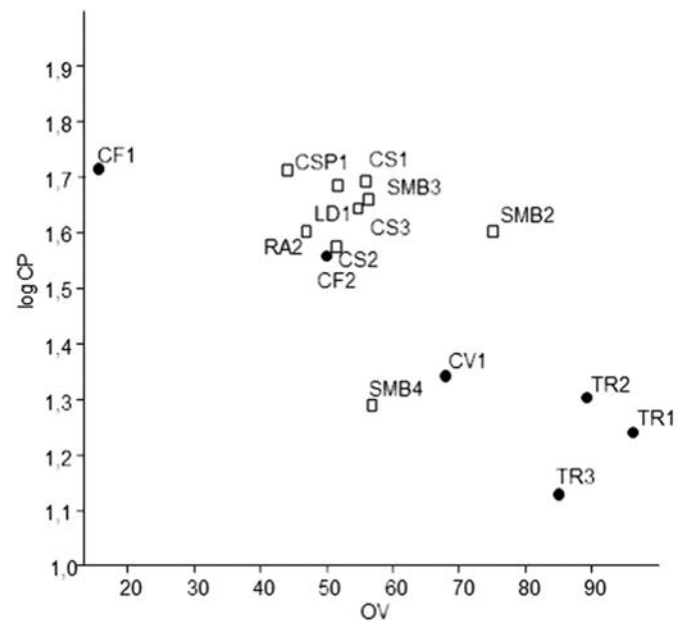
### 4.1. Domestic resources in the mountains and in the plains

#### 4.1.1. Agricultural products in mountain sites: mountain agriculture or brought-in resources?

Our data seem to indicate local cultivation of cereals at least for two of the investigated sites: Coro Trasito and Camp del Colomer. For Coro Trasito it cannot yet be proved on the basis of the weed flora, yet the repeated finding of both grain and chaff in several

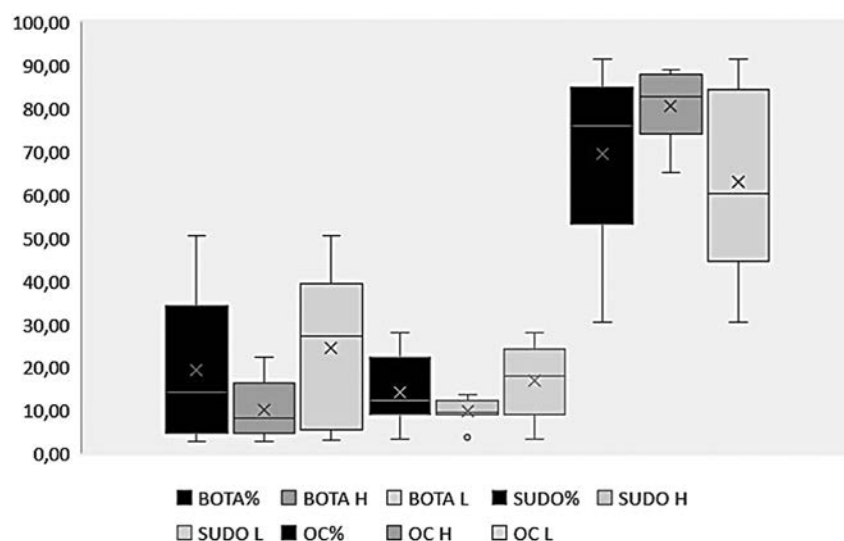
**Table 7**  
Univariate statistic parameters for the relative percentages of the main domestic species.

	BOTA%	SUDO%	OC%
Min	2,88	3,25	30,56
Max	50,36	27,98	91,41
Mean	19,23	14,22	69,41
Stand. dev	15,87	7,63	19,14
Coeff. var	82,49	53,65	27,57



**Fig. 6.** Results of the analyses of the relative representation frequencies of the domestic species by correspondence analysis (see codes in Table 1).

layers of the site seems to clearly point in this direction. Ethnographic research on pastoralism in central Italy has shown that grain is transported in a clean state and that contaminants to be expected in non-producer contexts are very few (Barker et al.,



**Fig. 5.** (% NISP) Relative representation of *Bos Taurus* (BOTA), *Sus domesticus* (SUDO) and *Ovis aries/Capra hircus* (OC) during Neolithic in the analysed sites differentiating between highland (H) and lowland (L) sites.

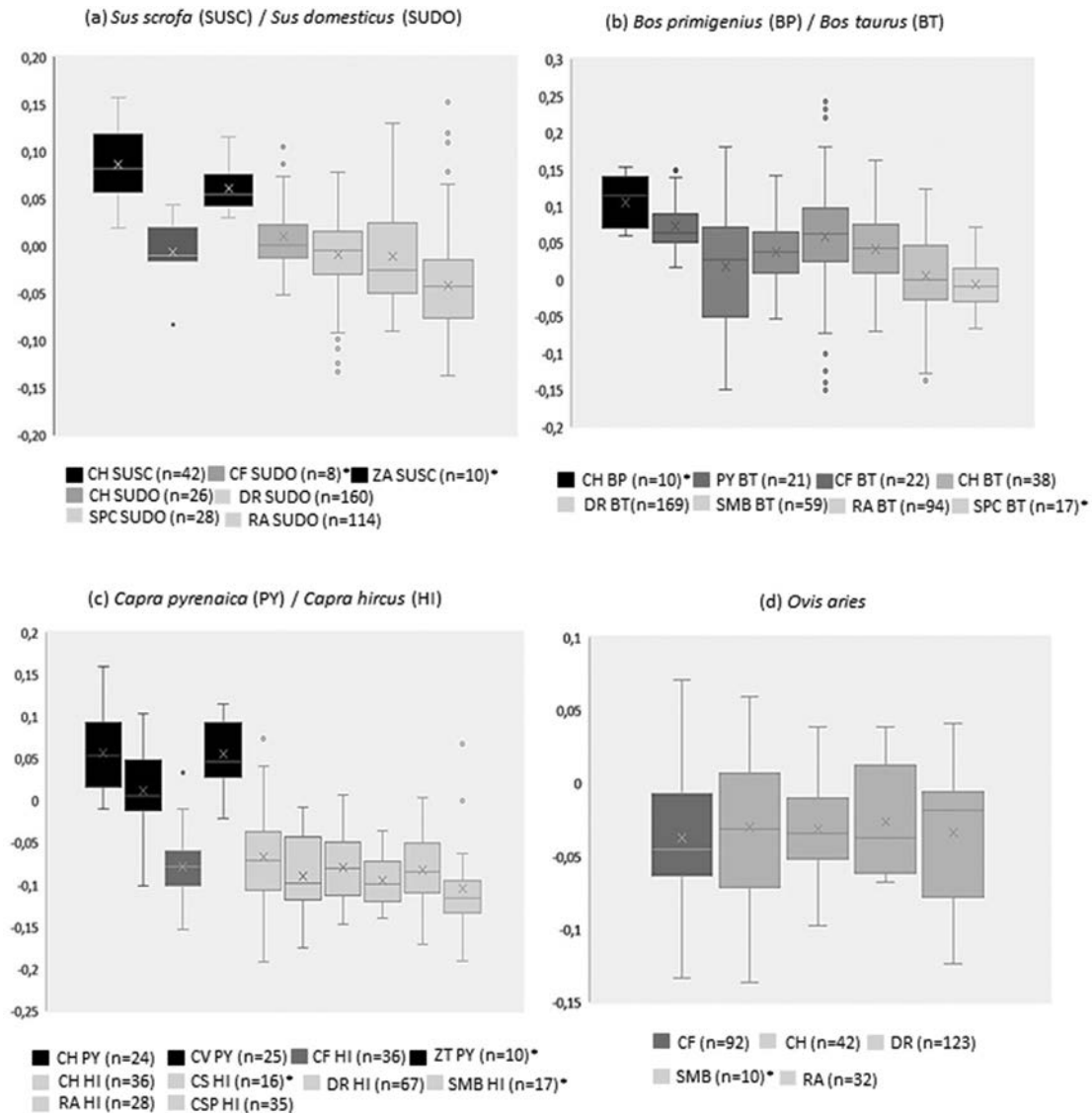
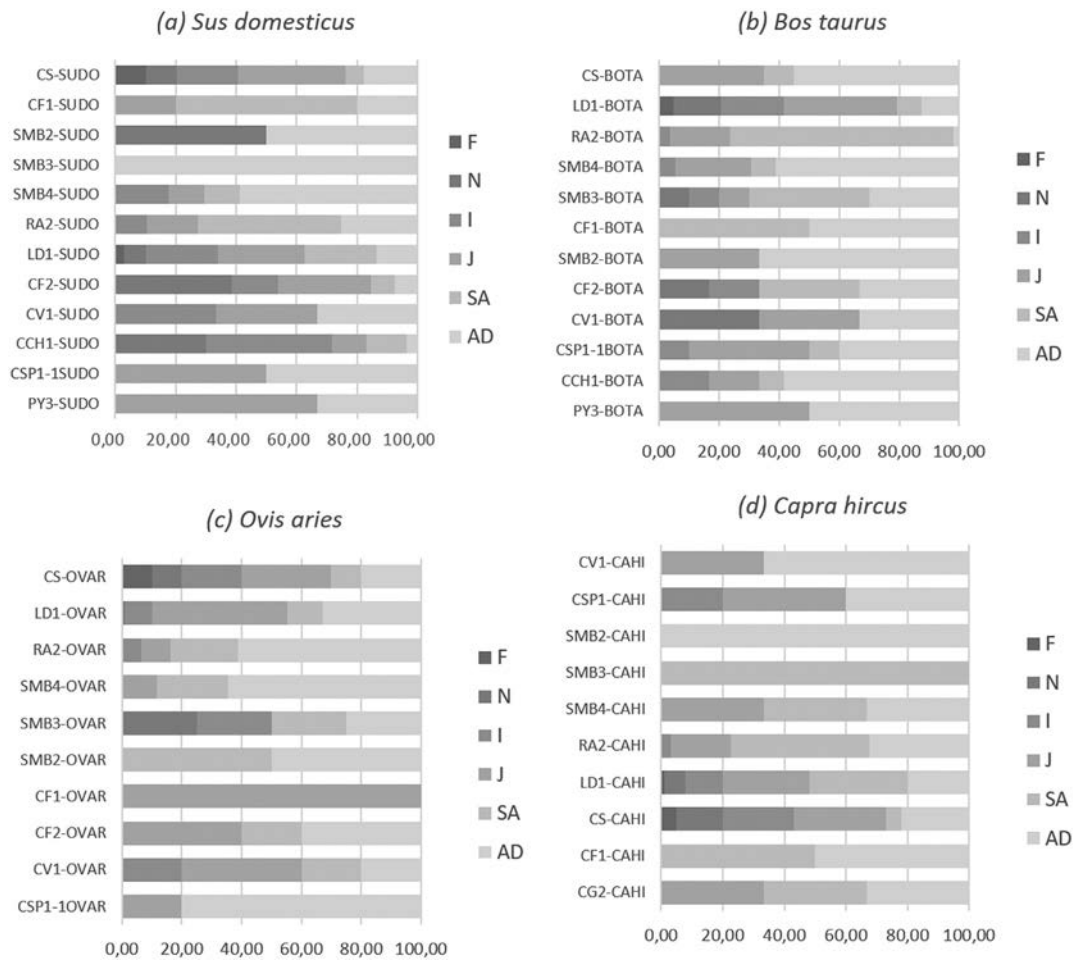


Fig. 7. Box plot diagrams showing the intervals of variability of the measurements for (a) *Sus scrofa/Sus domesticus*, (b) *Bos primigenius/Bos Taurus*, (c) *Capra pyrenaica/Capra hircus* and (d) *Ovis aries* by site organized by altitude. Assemblages with low number of values are highlighted (\*).

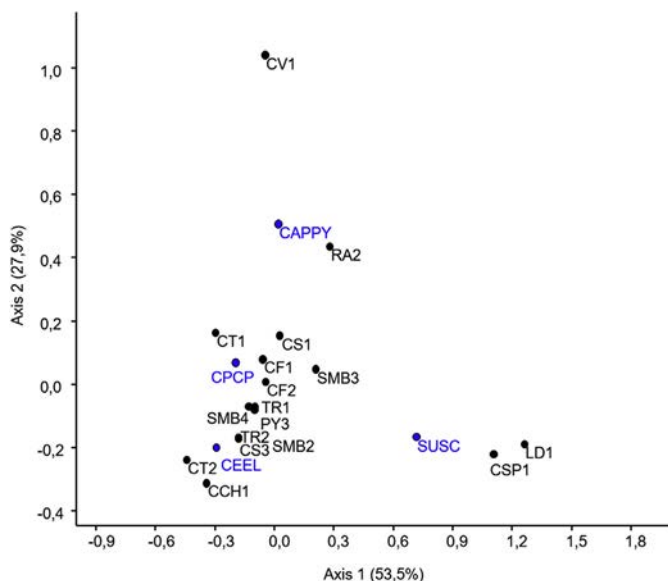
1991). Both sites have similar assemblages, mostly consisting in naked barley. In previous work (Antolín, 2016b; Antolín et al. 2015b) it was proposed that naked barley could have arrived at some point in the middle of the 5th millennium cal. BC from southern France into the Pyrenees. The findings of Coro Trasito seem to contradict this hypothesis, since naked barley could have been an important crop in the Pyrenees already since the second half of the 6th millennium cal. BC. In order to better understand the arrival of this crop, further research in the Ebro valley is needed, but also into the connections between the Pyrenees and the inner territories of southern France. Some authors have proposed that these three regions might have had their own “Epicardial” tradition when other coastal areas were within a more typical Cardial pottery tradition (Van Willigen, 2004). The sites located closer to the Catalan coast during the 6th millennium cal. BC mainly yielded hulled barley (Antolín et al. 2015b). Naked barley is well-suited to cold environments, thanks to its resistance to cold and its short growing season (d’Alpoim Guedes et al., 2014). This differentiation might be pointing out different cultural traditions in the coastal areas versus more interior parts of the territory and the mountains.

Little information can be provided on crop husbandry techniques. All data available mainly concerns Camp del Colomer. The dominance of annual plants would be indicative of permanent fields, but the presence of plants with vegetative reproduction (*Urtica dioica* L.) might prove that the disturbance of the soil was not too intensive. Since most plants are autumn-germinating, it seems likely that fields were sown in autumn. We know that people were present at the site during this period because they were gathering fruits that ripen during this season (Table 3). The presence of non-typical weeds as potential weeds with the crops might be due to the access of animals to the fields for manuring, as pointed by other authors (Kreuz et al., 2005).

It is worth highlighting the presence of other crops in these sites in altitude, like pea and some oleaginous crops (opium poppy and possibly flax). The potential cultivation of flax in these areas and its absence in the lowlands at least until the Bronze Age (Alonso, 1999) is partly surprising, although a taphonomic bias (oil-rich seeds often do not survive charring) must be taken into consideration. If flax was to be grown at these altitudes, it would be a spring crop, since flax does not survive well frost (Bond and Hunter, 1987). Flax



**Fig. 8.** Relative representation percentage of (a) *Sus domesticus*, (b) *Bos taurus*, (c) *Ovis aries* and (d) *Capra hircus* by site and age categories (F = fetal; N = neonatal; I = infantile; J = juvenile; SA = sub-adult; AD = adult).



**Fig. 9.** Results of the analyses of the relative representation frequencies of the wild ungulates by correspondence analysis.

is actually cultivated mostly as a spring crop in most parts of the world (Marchenkov et al., 2003). Opium poppy could have also

been a spring crop for the same reasons (Unodc, 1950), as well as pea (for further details see Antolín, 2016b: 15–16). Summer agriculture in the mountains during the Neolithic would benefit from the favourable climatic conditions (i.e. longer and warmer summers) observed in some of the proxies analysed (Catalan et al., 2013; Pla and Catalan, 2005). Opium poppy was found in other sites in the lowlands. Plenty of seeds were found in an uncharred state at the early Neolithic site of La Draga (Antolín, 2016b; Antolín and Buxó, 2011a; Antolín et al., 2015a), and, more recently, charred seeds of opium poppy (also a fragment of a capsule of flax, possibly cultivated) were observed in samples from the Middle Neolithic layers (dated ca. 4200 cal. BC) at Can Sadurní Cave (Antolín, this paper).

With these data we can say that mountain agriculture cannot be excluded for the Neolithic period and that it is very likely that at least some sites in the 5th millennium cal. BC (and probably already in the 6th millennium cal. BC) practiced agriculture in permanent fields located between 900 and 1500 m a.s.l., where environmental conditions were favourable enough.

#### 4.1.2. Animal husbandry practices

The results reveal the important role of domestic animals during the early stages of the Neolithic. Domestic animals constitute the main component of all faunal assemblages recovered in the Pyrenees area. Regardless of the different functions attributed to the settlements, the ovicaprines, and sheep in particular, were the most

exploited resource. This indicates that the adoption of this species and its incorporation into the economic strategy probably occurred rapidly. Another significant result is that husbandry involved the simultaneous management of four domestic species at almost all of the sites, including those situated at altitudes above 900 m. The only exception to this pattern was Zatoya. The four domestic species have different requirements and behaviour and involve a combination of planning and control mechanisms to ensure feeding and reproduction. In this regard, the documented variability in the size of animals in populations of domestic species shows that they were influenced by a range of selective pressures. All the evidence seems to indicate that livestock farming was mainly aimed at obtaining meat, in both lowland and highland areas. To date, milk production has been attested by pottery residue analysis at Can Sadurní Cave (Saña et al., 2015; Spiteri et al., 2016). Milk production from sheep/goat has also been proposed on the basis of slaughter patterns at Els Trocs Cave (Guerra et al. 2013) and La Draga (Antolín et al., 2014; Saña, 2011a,b). Evidence from La Draga suggests the use of cattle for milk (Gillis et al., 2014), the use of animal fibres (Saña, 2011a,b), and the exploitation of cattle as force of labour (Antolín et al., 2014). Therefore, the existence of a range of management strategies for different production purposes is documented. However, no marked differences between highland and lowland settlements were attested in terms of the diversity of animal species and animal productions (meat and milk) that were exploited.

Of the study sites, the Els Trocs Cave (Rojo Guerra et al., 2013), Puyascada (Baldellou, 1987; Rodanés and Ramón, 1995) and the Frare Cave (Estévez and Martín, 1982) have been associated with seasonal pastoral activities. All these sites are situated at altitudes above 900 m a.s.l. The Fosca Cave could also be added to this list (Llorente, 2015; Llorente et al., 2014; Llorente, 2010). The recent study of faunal assemblages recovered from sector C of this settlement show a predominance of sheep/goat and the absence of domestic pig, as well as considerable, highly diversified, hunting activity. Bird and mollusc remains indicate that the cave was mainly occupied during spring-summer. In contrast, it has been proposed that most of the settlements situated at lower altitudes were occupied permanently. We must highlight that these interpretations are not based on the archaeozoological remains but partly on the organization of the settlement or what is considered to be the main function of the site.

Feeding requirements and control of the reproductive cycles of animals in herds are the basis for the different models proposed to explain mobility and seasonal occupation of settlements during the Neolithic. The presence of animal remains from perinatal stages of development and dung-rich layers is mainly associated with the practice of risk minimisation strategies during periods of parturition (shepherds usually prefer to separate pregnant females from the rest of the flock to avoid multiple dangers, see Martín et al., 2016). Of the study sites situated at over 900 m a.s.l., perinatal remains were recovered at Frare Cave (sheep/goat and pig), Coro Trasito (sheep/goat) and Els Trocs Cave (sheep/goat). At Coro Trasito, fetal and neonatal sheep/goat remains were concentrated in the earliest occupation of the site; but absent from the latest Neolithic occupation. In the case of Trocs I, the presence of such remains has been associated with foundational and ritual practices, rather than with the keeping of herds during reproductive periods (Rojo Guerra et al., 2013). Other proposed explanations for the high presence of remains of very young animals include strategies to maximise resources in a specific environment (Llorente et al., 2014) and milk production (Helmer, 1992). However, the use of caves as enclosures for herds is the most accepted hypothesis when the number of perinatal remains is high (Martins et al., 2015). Ethnographic work in central Italy has shown that in contexts of transhumance, all animal births take place in the lowlands, so no neo-

natal or very young animals should be found in the uplands in such a model (Barker et al., 1991: 78). Therefore, their presence cannot be used as an argument in favour of transhumance unless alternative ethnographic parallels are presented.

In agreement with the pattern of agricultural activity documented for highland sites and described in the previous section, it is possible that during the early Neolithic, the management of animal resources in high altitude areas did not follow one single pattern or differ always in nature to that documented in lower areas. One of the most notable aspects is precisely the relatively high importance of domestic animals. There are insufficient data to date on the size of herds or on the subsequent need of large-scale movements to ensure their maintenance. The presence of the four main domestic species at all the study sites at which animal husbandry was evidenced, as well as the diverse use of the animals at production level, does not exclude a priori greater permanence and more intensive management in these areas.

#### 4.2. Wild food resources in the mountains and in the plains

The factor that is most commonly used to evidence transhumance practices is the consumption of animal and plant resources of a seasonal nature during settlement occupations. Gathering was an important activity in the mountains, particularly in the summer and in autumn, as it probably was in the lowlands. Nevertheless, wild fruits are better represented in highland sites. As already stated in a previous publication, some of the differences observed between sites in altitude and sites in the lowlands in our region are due to taphonomic factors (Antolín and Jacomet, 2015). The repeated finding of charred fruits like hazel nutshells or acorn cotyledons is a hint towards their processing for mid-term storage (Cunningham, 2011). It is known from previous experiments that the roasting of hazelnuts in pits always produces a certain amount of carbonized fruits (Mithen et al., 2001), which could end up being discarded somewhere in the site. As already said, such concentrations were found at Camp del Colomer, but also at Coro Trasito and Balma Margineda, and were absent from sites in the lowlands. Wild apples/pears could have been roasted with similar purposes too. The roasting of wild fruits reinforces the idea of the permanence of the occupation of the settlement, while the fact that these fruits are gathered in autumn could mean that their storage was to facilitate surviving over the winter months. Large assemblages of charred wild fruits in the lowlands are rare (Fig. 2) and they have been interpreted as accidental findings connected to the burning of wood or dung (Antolín and Jacomet, 2015). This risk-reducing strategy might not be necessary in the lowlands, maybe because crop yields were higher or because other strategies were adopted (like social storage).

Only through the investigation of sites with waterlogged preservation can one detect such preservation biases, which were confirmed by the studies performed at La Draga (Antolín, 2016; Antolín and Jacomet, 2015). Recent research at the late Neolithic site of Parkhaus Opéra in Lake Zürich (Antolín et al., 2015b), as well as in other lakeshore sites (Colledge and Conolly, 2014; Jacomet et al., 1989) also confirm this bias in the charred record.

The presence of wild grape (*Vitis vinifera* L. var. *sylvestris*) at Coro Trasito deserves special attention, since this species rarely grows above 1200 m a.s.l. in our region. In this case, the fruits could have been transported from lower altitudes.

Finally, one last mention should be made for seeds of yew (*Taxus baccata*). Seeds of yew are rare in the Iberian record (Uzquiano et al., 2015). They could be linked to foddering practices, as observed in the alpine site of La Grande Rivoire (Delhon et al., 2008; Martin and Thiébaud, 2010) or the Final Neolithic site located in Zürich (Switzerland) of Horgen Scheller (Favre and Jacomet, 1998). Other



charred fruits have been linked to such activities and their preservation seems to be facilitated by the burning of dung layers where they could have been accidentally embedded (Antolín and Jacomet, 2015).

Concerning hunting, some authors have proposed also that hunting activity would have influenced the seasonal nature of the occupation of highland settlements, such as Zatoya (Mariezkurrena and Altuna, 1989). There are no specific published data on the periods of the year in which hunting practices may have played a more important role. Although hunting may have been an important additional element in certain periods of the year or when groups were on the move, the data indicate that it was not probably a causal factor in the occupation of caves or shelters. Only at the Vidre Cave, where 19.77% of the remains were wild ungulates, *Capra pyrenaica* represented almost 68.6% of the wild species that were hunted. The fact that the consumption of meat in almost all sites located above 900 m a.s.l. in the study region is based on domestic species demonstrates that hunting was not the main purpose of the productive activities of the Neolithic communities settled in these areas.

#### 4.3. Mountain communities in the Neolithic: more than herders?

There is multiple evidence of a mixed intensive farming system (*sensu* Bogaard, 2004b) taking place in parts of the lowlands already in the early Neolithic (Antolín, 2016b; Antolín et al., 2014; Antolín et al. 2015b; Revelles, 2016; Revelles et al., 2014). Permanent fields and summer and autumn wild plant gathering were found in some of the studied sites at high altitudes presented in this work. Many of the survey projects that have taken place on both sides of the Pyrenees and were based on off-site pollen records linked the first evidence of human presence in the Pyrenees after the start of the Neolithic period to shifting agricultural practices or some sort of primitive agriculture (Galop et al., 2013; Orengo et al., 2014). Critical evaluations of pollen records in central Europe, along with on-site data have already attempted to provide an alternative explanation to some of the signs of anthropogenic activity (Bogaard, 2002; Jacomet et al., 2016). First of all, evidence of fires can be explained by other types of landscape management activities, while at the same time, low impact on pollen records cannot be explained with the practice of shifting agriculture, which is considered to have a significant impact on the landscape. Rius recognizes that there is a lack of reference data to interpret charcoal records as belonging to shifting agriculture or grazing activities in the mountains (Rius et al., 2009). Intensive farming would manage to produce enough for the survival of a small community in a small area and therefore, as stated by Galop, it could go unnoticed in pollen records (Galop et al., 2013). Instead, all proxies show larger impact on the highlands (above 2000 m a.s.l.) from the late Neolithic/Bronze Age onwards (Cunill et al., 2012; Galop et al., 2013; Gassiot et al., 2014; Miras et al., 2007; Pèlachs et al., 2007; Pla and Catalan, 2005) while mountain habitat contexts decrease from the late Neolithic onwards, as observed in systematic archaeological prospections (Gassiot et al., 2016). This could be the onset of a more extensive type of farming (in the plains) that would involve the use of high mountain pastures (possibly deliberately produced and maintained by humans) for larger flocks, parallel to a progressive aridification to the south of the Pyrenees (Jalut et al., 2000).

It is still possible that we have not been capable to detect the full diversity of activities related to farming that Neolithic groups carried out in the Pyrenees. Current examples in Mediterranean mountain areas (with villages and different kinds of features like threshing floors at ca. 1300–1800 m a.s.l.) demonstrated that different models can coexist, although they did not appear simultaneously in history (Halstead, 1990). As Halstead notices, this is

only possible because mobile pastoralism was not the only existing way to survive in these environments, but a choice that was taken because it was possible given the social, economic and political context.

Our evidence is not compatible with a typical transhumance (seasonal) model or specialized pastoralists. Instead, we found indicators of permanent communities with a mixed farming strategy. Storage pits were found in several sites, as well as grinding stones, and use-wear analyses of lithic tools always indicate a diversified number of activities going on during these settlement phases (see Section 2.2.). These mountain economies seem to show certain characteristics that precisely support the idea that they developed over time due to their sedentary character (size of the animals, enhanced crops adapted to the climate, particular weed floras, etc.). This evidence, along with hints to the multiple ways in which domestic animals seem to have been consumed in these sites seems to be in accordance to the so-called “maximizing models” of Ebersbach (2010), typical for mountain areas (where all animal products, including dung, are exploited and intensive farming practices are adopted). The available data are still scarce and further analyses are necessary, including stable isotope analyses, but the state of research seems to indicate that previous assumptions on the nature of the high mountain settlements in the southern Pyrenean slopes during the Neolithic had been too oriented to temporary occupations.

Does this mean that mountain-based flocks were not moved to upland pastures in the summer during the Neolithic period? There is no on-site evidence for such practices and further studies need to be carried out. A model of mountain villages that practice short-distance movements to nearby pastures at higher altitudes in the summer cannot be excluded considering our data and, in fact, ongoing research seems to show that such a system could have started developing from the late 4th millennium cal. BC onwards (Gassiot et al., 2012b; Gassiot et al., submitted). Stable isotope analyses might contribute with additional proxies to this discussion (e.g. Tornero et al., 2016).

## 5. Conclusions

This paper discusses the archaeobotanical and archaeozoological on-site record of several Neolithic sites located between 900 and 1700 m a.s.l. in the southern slopes of the Pyrenees. Evidence of local agriculture was found in several of these sites like Camp del Colomer (an open-air site) and Coro Trasito (a cave site) along with evidence of the use of caves to enclose pregnant sheep and goat females. Although wild plants were systematically gathered in several sites (which is not equally observed in lowland sites, due to taphonomic reasons), the available evidence suggests that subsistence strategies were based on domestic resources, both crops and domestic animals. In this sense, this paper is an important contribution to the systematic off-site prospection work that has been ongoing at both sides of the Pyrenees and it provides relevant information for the interpretation of the poor evidence of anthropogenic disturbance during the Neolithic in middle to high mountain ranges. Changes in the late Neolithic period were observed in some sites, along with off-site proxies and archaeological data. This could point to a change in the use of mountains during this period but further research is needed.

## Acknowledgements

We would like to thank T. Doppler, C. Gerling, C. Knipper and L. Martin for the interesting session on Vertical Mobility organized at the 21st Annual Meeting of the EAA celebrated in Glasgow in 2015, where this paper was presented, and the subsequent discussions,

from which this text benefitted. Archaeozoological analyses in course included in this paper are studied within the project HAR2014-60081-R funded by the Ministerio de Economía y Competitividad (Principal investigator: MS). Data from many Pyrenean sites were processed within the project HAR2015-66780-P, MINECO/FEDER funded by the same Ministry. We would finally like to acknowledge the extremely useful feedback received from the two anonymous reviewers and from L. Martín, which helped to improve the quality of this paper.

## Appendix A. Supplementary data

Supplementary data related to this article can be found at <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.056>.

## References

- Aguilera, M., Ferrio, J., Pérez, G., Araus, J., Voltas, J., 2012. Holocene changes in precipitation seasonality in the Western Mediterranean Basin: a multi-species approach using  $\delta^{13}\text{C}$  of archaeobotanical remains. *J. Quat. Sci.* 27, 192–202.
- Aguilera, M., Ferrio, J.P., Araus, J.L., Tarrús, J., Voltas, J., 2011. Climate at the onset of western Mediterranean agriculture expansion: evidence from stable isotopes of sub-fossil oak tree rings in Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 299, 541–551.
- Agustí, B., Alcalde, G., Burjachs, F., Buxó, R., Juan-Muns, N., Oller Guinó, J., Ros Mora, M.T., Rueda, J.M., Toledo, A., 1987. Dinàmica de la utilització de la cova 120 per l'home en els darrers 6.000 anys. Centre d'Investigacions Arqueològiques de Girona, Girona.
- Albarella, U., Payne, S., 2005. Neolithic pigs from Durrington walls, Wiltshire, England: a biometrical database. *J. Archaeol. Sci.* 32 (4), 589–599.
- Alonso, N., 1995. Estudi de llavors i fruits dels jaciments arqueobotànics de la cova d'Anes (Prullans, la Cerdanya) i de la cova de les Portes (Lladurs, El Solsonès) i el seu context Pirinenc. In: *X Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà*, pp. 97–104.
- Alonso, N., 1999. De la llavor a la farina: els processos agrícoles protohistòrics a la Catalunya occidental. In: *Milieus et Sociétés en France Méditerranéenne: archéologie et histoire*, Lattes.
- Alonso, N., 2008. Crops and agriculture during the Iron Age and late antiquity in Cerdanyola del Vallès (Catalonia, Spain). *Veg. Hist. Archaeobot.* 17, 75–84.
- Alonso, N., Antolín, F., 2010. Mostreig, tractament i anàlisi arqueobotànica de llavors i fruits d'època neolítica al sector de la Serra de les Ferreres de les Mines de Gavà. *Rubricatum* 4, 205–206.
- Angelucci, D.E., Boschian, G., Fontanals, M., Pedrotti, A., Vergès, J.M., 2009. Shepherds and karst: the use of caves and rock-shelters in the Mediterranean region during the Neolithic. *World Archaeol.* 41, 191–214.
- Antolín, F., 2015. Entre agricultores primitivos, cultivos de rozas y pastores transhumantes. Una mirada crítica a los modelos económicos propuestos para los grupos neolíticos del noreste peninsular a partir de los recientes datos carpológicos obtenidos. *Rev. d'Arqueologia Ponent* 25, 11–45.
- Antolín, F., 2016a. Estudi paleocarpològic del jaciment del Camp del Colomer. In: Fortó, A., Vidal, A. (Eds.), *Comunitats agrícoles al Pirineu. L'ocupació humana a Juberrí durant la segona meitat del Vè mil·lenni cal AC (Feixa del Moro, Camp del Colomer i Carrer Llinàs 28, Andorra)*. Monografies del Patrimoni Cultural d'Andorra, Andorra, pp. 205–222.
- Antolín, F., 2016b. Local, intensive and diverse? Early farmers and plant economy in the North-East of the Iberian Peninsula (5500–2300 cal. BC). In: *Advances in Archaeobotany*, vol. 2. Barkhuis, Groningen.
- Antolín, F., Bleicher, N., Brombacher, C., Kühn, M., Steiner, B., Jacomet, S., 2015a. Quantitative approximation to large-seeded wild fruit use in a late Neolithic lake dwelling. In: *The Case Study of Layer 13 of Parkhaus Opéra in Zürich (Central Switzerland)*. *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.003>.
- Antolín, F., Buxó, R., 2011a. L'explotació de les plantes: contribució a la història de l'agricultura i de l'alimentació vegetal del Neolític a Catalunya. In: Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. (Eds.), *El poblat lacustre del Neolític antic de la Draga. Excavacions 2000–2005*. CASC - Museu d'Arqueologia de Catalunya (Monografies del CASC, 9), Girona, pp. 147–174.
- Antolín, F., Buxó, R., 2011b. Proposal for the systematic description and taphonomic study of carbonized cereal grain assemblages: a case study of an early Neolithic funerary context in the cave of Can Sadurní (Begues, Barcelona province, Spain). *Veg. Hist. Archaeobot.* 20, 53–66.
- Antolín, F., Blanco, A., Buxó, R., Caruso, L., Jacomet, S., López, O., Marlasca, R., Palomo, A., Piqué, R., Saña, M., Terradas, X., 2013. The application of systematic sampling strategies for Bioarchaeological studies in the early neolithic lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain). *J. Wetl. Archaeol.* 13 (1), 29–49.
- 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). *Environ. Archaeol.* 19, 241–255.
- Antolín, F., Caruso, L., Mensua, C., Olària, C., Piqué, R., Alonso, N., 2010. Forest resources exploitation in the Late Mesolithic and Early Neolithic site of Cova Fosca (Ares del Maestre, Castelló, Spain). In: Delhon, C., Théry-Parisot, I., Thiébaud, S. (Eds.), *Des hommes et des plantes. Exploitation du milieu et des ressources de la Préhistoire à nos jours. XXXe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. Éditions APDCA, Antibes, pp. 223–233.
- Antolín, F., Jacomet, S., 2015. Wild fruit use among early farmers in the Neolithic (5400–2300 cal. BC) in the north-east of the Iberian Peninsula: an intensive practice? *Veg. Hist. Archaeobot.* 24, 19–33.
- Antolín, F., Jacomet, S., Buxó, R., 2015b. The hard knock life. Archaeobotanical data on farming practices during the Neolithic (5400–2300 cal. BC) in the NE of the Iberian Peninsula. *J. Archaeol. Sci.* 61, 90–104.
- Arnold, E.R., Greenfield, H.J., 2004. A zooarchaeological perspective on the origins of vertical transhumant pastoralism and the colonization of marginal habitats in temperate Southeastern Europe. In: Mondini, M., Muñoz, S., Wickler, S. (Eds.), *Colonisation, Migration, and Marginal Areas. A Zooarchaeological Approach*. Oxbow Books, Oxford, pp. 96–117.
- Augé, O., Pujol, F., Turu, V., 2016. Els artefactes macrolítics de mòlta, tritració i abrasió. In: Fortó, A., Vidal, A. (Eds.), *Comunitats agrícoles al Pirineu. L'ocupació humana a Juberrí durant la segona meitat del Vè mil·lenni cal AC (Feixa del Moro, Camp del Colomer i Carrer Llinàs 28, Andorra)*. Monografies del Patrimoni Cultural d'Andorra, Andorra, pp. 183–192.
- Baldellou, V., 1987. Avance del estudio de la Espluga de la Puyascada. *Bolskan* 4, 3–42.
- Barker, G., Grant, A., Beavitt, P., Christie, N., Giorgi, N., Giorgi, J., Hoare, P., Leggio, T., Migliavacca, M., 1991. Ancient and modern pastoralism in central Italy: an interdisciplinary study in the Cicolano Mountains. *Pap. Br. Sch. at Rome* 59, 15–88.
- Bates, D.G., Lees, S.H., 1977. The role of exchange in productive specialization. *Am. Anthropol.* 79, 824–841.
- Bogaard, A., 2002. Questioning the relevance of shifting cultivation to Neolithic farming in the loess belt of Europe: evidence from the Hambach Forest experiment. *Veg. Hist. Archaeobot.* 11, 155–168.
- Bogaard, A., 2004a. Neolithic Farming in Central Europe. Routledge, London.
- Bogaard, A., 2004b. The nature of early farming in Central and South-east Europe. In: *Documenta Praehistorica XXXI*, pp. 49–58.
- Bogaard, A., Jones, G., 2007. Neolithic farming in Britain and central Europe: contrast or continuity? *Proc. Br. Acad.* 144, 357–375.
- Bogaard, A., Jones, G., Charles, M., Hodgson, J.G., 2001. On the archaeobotanical inference of crop sowing time using the FIBS method. *J. Archaeol. Sci.* 28, 1171–1183.
- Bond, J.M., Hunter, J.R., 1987. Flax-growing in Orkney from the Norse period to the 18th century. *Proc. Soc. Antiq. Scotl.* 117, 175–181.
- Bosch, A., Buxó, R., Palomo, A., Buch, M., Mateu, J., Tabernero, E., Casadevall, J., 1998. El Poblat neolític de Plansallosa :L'explotació del territori dels primers agricultors-ramaders de l'Alta Garrotxa. Museu Comarcal de la Garrotxa, Olot.
- Bouby, L., 2010. Agriculture dans les bassins du Rhône du Bronze Final à l'Antiquité. In: *Agrobiodiversité, Economie, Cultures*. École des Hautes Études en Sciences Sociales.
- Bréhard, S., Beeching, A., Vigne, J.D., 2010. Shepherds, cowherds and site function on middle Neolithic sites of the Rhône valley: an archaeozoological approach to the organization of territories and societies. *J. Anthropol. Archaeol.* 29, 179–188.
- Buxó, R., Canal, D., 2008. L'agricultura i l'alimentació vegetal. *Quarhis* 4, 54–56.
- Buxó, R., Català, M., Villalba, M.J., 1991. Llavors i fruits en un conjunt funerari situat en la galeria d'accés a la mina 28 del complex miner de Can Tintorer (Gavà). In: *Cypsela IX*, pp. 65–72.
- Buxó, R., Rovira, N., Sauch, C., 2000. Les restes vegetals de llavors i fruits. In: Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. (Eds.), *El poblat lacustre neolític de la Draga. Excavacions de 1990 a 1998*. (Monografies del CASC, 2) Museu d'Arqueologia de Catalunya, Girona, pp. 129–140.
- Castany, J., Guerrero, L., Fàbregas, L., 2006. L'hàbitat prehistòric de les Portes. Lladurs, Solsonès. In: *Tribuna D'Arqueologia 2004–2005*, pp. 21–43.
- Castañes, P., 1984. Estudio de los restos óseos de la Cueva de Espluga de la Puyascada (Huesca), vol. 4. *Bolskan: Revista de arqueología del Instituto de Estudios Altoaragoneses*, pp. 43–56.
- Castañes, P., 2004. Estudio arqueozoológico de los macromamíferos del neolítico de la cueva de Chaves (Huesca). *Salduie* 4, 125–171.
- Catalan, J., Pèlachs, A., Gassiot Ballbè, E., Antolín, F., Ballesteros, A., Batalla, M., Buchaca, T., Burjachs, F., Camarero, L., Clemente-Conte, I., Clop, X., García, D., Giralt, S., Lluç, L.J., Madella, M., Mazzucchi, N., Mur, E., Ninyerola, M., Obea, L., Oltra, J., Pérez-Obiol, R., Piqué, R., Pla-Rabes, S., Rodríguez, D., Rodríguez, J.M., Rondón, S., Sáez, A., Soriano, J.M., 2013. Interacción entre clima y ocupación humana en la configuración del paisaje vegetal del Parque Nacional de Aiguestortes i Estany de Sant Maurici a lo largo de los últimos 15.000 años. *Proyectos de investigación en parques nacionales 2009–2012*. Organismo Autónomo Parques Nacionales (España), Lleida, pp. 71–92.
- Chang, C., Tourtellotte, P.A., 1993. Ethnoarchaeological survey of pastoral transhumance sites in the Grevena region, Greece. *J. Field Archaeol.* 20, 249–264.
- Clemente, I., Gassiot Ballbè, E., Rey Lanasa, J., Antolín, F., Obea, L., Viñerta, A., Saña i Seguí, M., 2016. Cueva de Coro Trasito (Tella-Sin, Huesca): Un asentamiento pastoril en el Pirineo central con ocupaciones del Neolítico antiguo y del Bronce reciente. I Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés, pp. 71–79.
- Colominas, L., Lladó, E., Saña, M., Tornero, C., 2008. La gestió dels recursos animals durant les ocupacions de l'assentament de la caserna de Sant Pau. *Quad. d'arqueologia històrica la ciutat Barc.* 4, 55–61.
- Colledge, S., Conolly, J., 2014. Wild plant use in European Neolithic subsistence economies: a formal assessment of preservation bias in archaeobotanical

- assemblages and the implications for understanding changes in plant diet breadth. *Quat. Sci. Rev.* 101, 193–206.
- Cunill, R., Soriano, J.M., Bal, M.C., Pèlachs, A., Pérez-Obiol, R., 2012. Holocene treeline changes on the south slope of the Pyrenees: a pedoanthracological analysis. *Veg. Hist. Archaeobot.* 21, 373–384.
- Cunill, R., Soriano, J.M., Bal, M.C., Pèlachs, A., Rodríguez, J.M., Pérez-Obiol, R., 2013. Holocene high-altitude vegetation dynamics in the Pyrenees: a pedoanthracology contribution to an interdisciplinary approach. *Quat. Int.* 289, 60–70.
- Cunningham, P., 2011. Caching your savings: the use of small-scale storage in European prehistory. *J. Anthropol. Archaeol.* 30, 135–144.
- d'Alpoim Guedes, J., Lu, H., Li, Y., Spengler, R.N., Wu, X., Aldenderfer, M.S., 2014. Moving agriculture onto the Tibetan plateau: the archaeobotanical evidence. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 6, 255–269.
- de Bolòs, O., Vigo, J., Masalles, R.M., Ninot, J.M., 2005. *Flora manual Dels Països Catalans*. Pòrtic, Barcelona.
- Delhon, C., Martin, L., Argant, J., Thiébaud, S., 2008. Shepherds and plants in the Alps: multi-proxy archaeobotanical analysis of neolithic dung from "La Grande Rivoire" (Isère, France). *J. Archaeol. Sci.* 35, 2937–2952.
- Díaz-del-Río, P., 1995. Campesinado y gestión pluriaactiva del ecosistema: un marco teórico para el análisis del III y II milenios aC en la Meseta peninsular. *Trab. Prehist.* 52, 99–109.
- Díaz Bonilla, S., Obea, L., Gassiot Ballbè, E., Clemente, I., García Casas, D., Rodríguez-Antón, D., Quesada, M., Rey Lanaspá, J., 2016. Arqueología y patrimonio en la alta montaña. Resultados de las prospecciones en el valle de Góriz (Fano, Huesca). In: I Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés, pp. 609–616.
- Ebersbach, R., 2010. My farmland - our livestock. Forms of subsistence farming and forms of sharing in peasant communities. In: Benz, M. (Ed.), *The Principle of Sharing, Segregation and Construction of Social Identities at the Transition from Foraging to Farming*. Proceedings of a Symposium Held on 29th–31st January 2009 at the Albert-Ludwigs-university of Freiburg. exoriente, Berlin, pp. 159–182.
- Estévez, J., Martín, A., 1982. El nivel epicardial de la Frère Cave (Matadepera, arcelona). In: *Colloque international de préhistoire histoire. Le néolithique ancien méditerranéen*, Actes du Colloque international de Préhistoire, Montpellier 1981, Archéologie en Languedoc, n° spécial 129–133. Fédération archéologique de l'Hérault, Montpellier, France.
- Favre, P., Jacomet, S., 1998. Branch wood from the lake shore settlements of Horgen Scheller, Switzerland: evidence for economic specialization in the late Neolithic period. *Veg. Hist. Archaeobot.* 7, 167–178.
- Folch, R., 1990. Comprendre la natura: els organismes i els sistemes naturals terrestres del Paísos Catalans. *Barcino*, Barcelona.
- Folch, R., Franquesa, T., Camarasa, J.M., 1984. *Història Natural Dels Països Catalans*, vol. 7. Vegetació. Enciclopèdia Catalana, Barcelona.
- Fortó, A., Vidal, A., 2016. Comunitats agrícoles al Pirineu. L'ocupació humana a Juberri durant la segona meitat del Vè mil·lenni cal AC (Feixa del Moro, Camp del Colomer i Carrer Llinàs 28, Andorra). In: *Monografies del Patrimoni Cultural d'Andorra* (no. 6), Andorra.
- Galop, D., 2005. La conquête de la montagne pyrénéenne au Néolithique. Chronologie, rythmes et transformations des paysages à partir des données polliniques. In: Guilaine, J. (Ed.), *Populations néolithiques et environnement*. Errance, Paris, pp. 279–295.
- Galop, D., Rius, D., Cugny, C., Mazier, F., 2013. A history of long-term human-environment interactions in the French Pyrenees inferred from the pollen data. In: Lozny, L.R. (Ed.), *Continuity and Change in Cultural Adaptation to Mountain Environments. From Prehistory to Contemporary Threats*. Springer, New York, pp. 19–30.
- Galop, D., Vannière, B., López-Sáez, J.A., 2003. Des abattis-brûlis néolithiques au système agro-pastoral pyrénéen actuel. In: *XII Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà*, pp. 261–274.
- Gassiot, E., Clemente, I., Mazzucco, N., García, D., Obea, L., Rodríguez Antón, D., 2016. Surface surveying in high mountain areas, Is it possible? Some methodological considerations. *Quat. Int.* 402, 35–45.
- Gassiot, E., García, D., 2014. Històries d'ovelles i pastures. *Arqueologia dels darrers segles de ramaderia a l'alta muntanya. Afers. Fulls Recer. Pensam.* 29, 451–470.
- Gassiot, E., García, D., Mazzucco, N., Obea, L., Oliva, M., Rodríguez, D., Bujachs, F., Antolín, F., 2015a. Una historia de llarga durada. In: *L'ocupació humana del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici i àrees properes durant els darrers 10.000 anys*, Primeres Jornades d'Arqueologia i Paleontologia del Pirineu i Aran, 29 i 30 de Novembre del 2013, pp. 102–109.
- Gassiot, E., Mazzucco, N., Clemente, I., Rodríguez Anton, D., Obea, L., Quesada, M., Diaz, S., 2017. The beginning of high mountain occupations in the Pyrenees. Human settlements and mobility from 18,000 cal BC to 2000 cal BC (submitted). In: *Catalan, J., Ninot, J., Aniz, M. (Eds.), High Mountain Conservation in a Changing World*. Springer (Series Advances in Global Change Research, 62).
- Gassiot, E., Mazzucco, N., Obea, L., Tarifa, N., Antolín, F., Clop, X., Navarrete, V., Saña i Seguí, M., 2015b. La Cova del Sardo de Boí i l'explotació de l'alta muntanya als Pirineus occidentals en època neolítica. In: *Tribuna D'Arqueologia 2012-2013*, pp. 199–218.
- Gassiot, E., Rodríguez-Antón, D., Burjachs, F., Antolín, F., Ballesteros, A., 2012b. Poblamiento, explotación y entorno natural de los estadios alpinos y subalpinos del Pirineo central durante la primera mitad del Holoceno. *Cuaternario Geomorfol.* 26, 29–45.
- Gassiot, E., Rodríguez Antón, D., Pèlachs, A., Pérez-Obiol, R., Julià Brugués, R., Balserin, M.-C., Mazzucco, N., 2014. La alta montaña durante la Prehistoria: 10 años de investigación en el Pirineo catalán occidental. *Trab. Prehist.* 71, 261–281.
- Geddes, D., 1980. De la chasse au troupeau en Méditerranée : les débuts de l'élevage dans le Bassin de l'Aude. *Arch. d'Ecologie Préhistorique Toulouse* 5.
- Guilaine, J., 2016. Pròleg. In: Fortó, A., Vidal, A. (Eds.), *Comunitats agrícoles al Pirineu. L'ocupació humana a Juberri durant la segona meitat del Vè mil·lenni cal AC* (Feixa del Moro, Camp del Colomer i Carrer Llinàs 28, Andorra). *Monografies del Patrimoni Cultural d'Andorra*, Andorra, pp. 11–13.
- Guilaine, J., Martzluff, M., 1995. Les excavacions a la Balma de la Margineda (1979–1991). In: *Minister D'Afers Socials i Cultura*, Andorra.
- 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. *Int. J. Osteoarchaeol.* <http://dx.doi.org/10.1002/oa.2422>.
- Halstead, P., 1987. Traditional and ancient rural economy in Mediterranean Europe: plus ça change? *J. Hellenic Stud.* 107, 77–87.
- Halstead, P., 1990. Present to Past in the Pindhos: Diversification and Specialisation in Mountain Economies. *Rivista di Studi Liguri LVI*, pp. 61–80.
- Halstead, P., 1996. Pastoralism or household herding? Problems of scale and specialization in Early Greek animal husbandry. *World Archaeol.* 28, 20–42.
- Hammer, O., David, H.A.T., Ryan, P., 2001. *Past: paleontological statistics Software package for education and data analysis*. *Palaeontol. Electron.* 4, 9.
- Helmer, D., 1992. *La domestication des animaux par les hommes préhistoriques*. Éditions Masson, Paris.
- Helmer, D., 2017. *Compiled Standarts Logarims for Sheep, Goat and Cattle* (HD 010310, HD 010212 and HD010511). unpublished.
- Helmer, D., Gourichon, L., Sidi Maamar, H., Vigne, J.D., 2005. L'élevage des caprinés néolithiques dans les sud-est de la France: saisonnalité des abattages, relations entre grottes-bergeries et sites de plein air. *Anthropozoologica* 40, 167–189.
- Hopf, M., 1971. *Vorgeschichtliche Pflanzenreste aus Otspanien*. *Madr. Mittl.* 12, 101–114.
- Jacomet, S., 2006. *Identification of Cereal Remains from Archaeological Sites*. *Archaeobotany Lab, IPAS, Basel University*. [http://ipna.unibas.ch/archbot/pdf/Cereal\\_Id\\_Manual\\_engl.pdf](http://ipna.unibas.ch/archbot/pdf/Cereal_Id_Manual_engl.pdf).
- Jacomet, S., Brombacher, C., Dick, M., 1989. Archäobotanik am Zürichsee. In: *Ackerbau, Sammelwirtschaft und Umwelt von neolithischen und bronzezeitlichen Seeufersiedlungen im Raum Zürich*. Ergebnisse von Untersuchungen pflanzlicher Makroreste der Jahre 1979–1988. Zürcher Denkmalpflege, Zurich.
- Jacomet, S., Ebersbach, R., Akeret, Ö., Antolín, F., Baum, T.G., Bogaard, A., Brombacher, C., Bleicher, N., Heitz-Weniger, A., Hüster-Plogmann, H., Gross, E., Kühn, M., Rentzel, P., Schibler, J., Steiner, B., Wick, L., 2016. On-site data casts doubts on the hypothesis of shifting cultivation in the Late Neolithic (ca. 4300–2400 cal. BC). *Landscape management as an alternative paradigm*. *Holocene* 26 (11), 1858–1874.
- Jalut, G., Esteban Amat, A., Bonnet, L., Gauquelin, T., Fontugne, M., 2000. Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 160, 255–290.
- Jones, G., 1984. Interpretation of archaeological plant remains: ethnographic models from Greece. In: Van Zeist, W., Casparie, W.A. (Eds.), *Plants and Ancient Man*. Balkema, Rotterdam, pp. 43–61.
- Jones, G., 1990. The application of present-day cereal processing studies to charred archaeobotanical remains. *Circaea* 6, 91–96.
- Khazanov, A.M., 1984. *Nomads and the outside World*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kreuz, A., Marinova, E., Schäfer, E., Wiethold, J., 2005. A comparison of early Neolithic crop and weed assemblages from the Linearbandkeramik and the Bulgarian Neolithic cultures: differences and similarities. *Veg. Hist. Archaeobot.* 14, 237–258.
- Kreuz, A., Schäfer, E., 2011. Weed finds as indicators for the cultivation regime of the early Neolithic Bandkeramik culture? *Veg. Hist. Archaeobot.* 20, 333–348.
- Lancelotti, C., Balbo, A.L., Madella, M., Iriarte, E., Rojo-Guerra, M., Royo, J.I., Tejedor, C., Garrido, R., García, I., Arcusa, H., Pérez Jordà, G., Peña-Chocarro, L., 2014. The missing crop: investigating the use of grasses at Els Trocs, a Neolithic cave site in the Pyrenees (1564 m asl). *J. Archaeol. Sci.* 42, 456–466.
- Llorente, L., García, J., Morales, A., 2014. Herders or hunters? Discriminating butchery practices through phalanx breakage patterns at Cova Fosca (Castellón, Spain). *Quat. Int.* 330, 61–71.
- Llorente, L., 2010. The hares (*Lepus granatensis*, Rosenhauer 1856) from Cova Fosca (Castellón, Spain). *Archaeofauna* 19, 59–97.
- Llorente, L., 2015. *Cova Fosca (Ares del Maestrat, Castellón): Zooarchaeology of the Neolithic Revolution in the Iberian Levant*. Tesis doctoral inédita. Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Llovera, X., 1986. Els primers pobladors de les valls d'Andorra. *Empúries* 48–50, 40–49.
- Marchenkov, A., Rozhmina, T., Uschapovsky, I., Muir, A.D., 2003. Cultivation of flax. In: Muir, A.D., Westcott, N.D. (Eds.), *Flax. The Genus Linum*. Taylor & Francis, London, pp. 74–91.
- Mariekzurrena, K., Altuna, J., 1989. Análisis arqueozoológico de los macromamíferos del yacimiento de Zatoya, pp. 237–266. Capítulo VII.
- Marinval, P., 2008. Dades complementàries sobre l'economia vegetal de l'Epi-paleolític i el Mesolític de la Balma de la Margineda. In: Guilaine, J., Martzluff, M. (Eds.), *Les excavacions de la Balma de la Margineda (1979–1991)*, vol. IV. Edicions del Govern d'Andorra, Andorra, pp. 480–491.
- Martin, A., Edo, M., Tarrús, J., Clop, X., 2010. Le Néolithique ancien de Catalogne (Ve-première moitié du Ve millénaire av. J.-c.) - Les séquences chronoculturelles. *Société Préhistorique française LI*, pp. 197–214.
- Martin, L., 2014. *Premiers paysans des Alpes. Alimentations végétale et agriculture au Néolithique*. Presses universitaires de Rennes et Presses universitaires

- François-Rabelais de Tours, Rennes et Tours.
- Martin, L., Delhon, C., Thiébaud, S., Pelletier, D., 2012. Plant exploitation and diet in altitude during Mesolithic and Neolithic: archaeobotanical analysis from a hunting camp in the Chartreuse massif (l'Alp-du-Seuil, Isère, France). *Rev. Palaeobot. Palynol.* 185, 26–34.
- Martin, L., Thiébaud, S., 2010. L'if (*Taxus baccata* L.): histoire et usage d'un arbre durant la Préhistoire récente. L'exemple du domaine alpin et circum-alpin. In: Delhon, C., Théry-Pariset, I., Thiébaud, S. (Eds.), Actes du colloque "Des hommes et des plantes. Exploitation et gestion des ressources végétales de la Préhistoire à nous jours". Session Usages et symboliques des plantes. XXXe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes 22–24 octobre 2009, Antibes. *Anthropobotanica* 01. Publications Scientifiques du Muséum, Paris, pp. 4–20.
- Martin, P., García-González, R., Nadal, J., Vergés, J.M., 2016. Perinatal ovicaprine remains and evidence of shepherding activities in early Holocene enclosure caves: el Mirador (Sierra de Atapuerca, Spain). *Quat. Int.* 414, 316–329.
- Martínez, P., Vidal, A., Maese, X., 2011. La ocupación neolítica de Juberri (Sant Julià de Lòria, Andorra) (I). Modelo de asentamiento y cultura material. In: Turu, V., Constante, A. (Eds.), El Cuaternario en España y áreas afines, avances en 2011. AEQUA - Fundació M. Chevalier, Andorra la Vella, pp. 261–262.
- Martins, H., Oms, F.X., Pereira, L., Pike, A.W.G., Rowsell, K., Zilhao, J., 2015. Radiocarbon dating the beginning of the Neolithic in Iberia: new results, new problems. *J. Mediterr. Archaeol.* 28, 105–131.
- Mazzucco, N., Clemente-Conte, I., Baldellou, V., Gassiot Ballbè, E., 2013. The management of lithic resources during the V millennium cal. BC at Espluga de la Puyascada (La Fueva, Huesca). *Preistoria Alp.* 47, 57–67.
- Mazzucco, N., Clemente-Conte, I., Gassiot Ballbè, E., 2014. Human occupation of the high mountain environments: the contribution of microwear analysis to the study of the Cova del Sardo site (Spanish Pyrenees). In: Marreiros, J., Bicho, N.F., Gibaja, J.F. (Eds.), International Conference on Use-wear Analysis. Use-wear 2012. Cambridge Scholars Publishing, UK, pp. 339–349.
- McClatchie, M., Bogaard, A., Colledge, S., Whitehouse, N., Schulting, R., Barratt, P., McLaughlin, T., 2014. Neolithic farming in north-western Europe: archaeobotanical evidence from Ireland. *J. Archaeol. Sci.* 51, 206–215.
- Meadow, R., 1999. The use of size index scaling techniques for research on Archaeozoological collections from the Middle East. In: Becker, C., Manhart, H., Peters, J., Schibler, J. (Eds.), *Historia Animalium Ex Ossibus. Festschrift für Angela von den Driesch*, vol. 65, pp. 285–306.
- Miller, N.F., 1984. The use of dung as fuel: an ethnographic example and an archaeological application. *Paléorient* 71–79.
- Miras, Y., Ejarque, A., Orenco, H., Mora, S.R., Palet, J.M., Poiraud, A., 2010. Prehistoric impact on landscape and vegetation at high altitudes: an integrated palaeoecological and archaeological approach in the eastern Pyrenees (Perafita valley, Andorra). *Plant Biosyst. - An Int. J. Deal. Asp. Plant Biol.* 144, 924–939.
- Miras, Y., Ejarque, A., Riera, S., Palet, J.M., Orenco, H., Euba, I., 2007. Dynamique holocène de la végétation et occupation des Pyrénées andorranes depuis le Néolithique ancien, d'après l'analyse pollinique de la tourbière de Bosc dels Estanyons (2180 m, Vall del Madriu, Andorre). *Comptes Rendus Palevol* 6, 291–300.
- Mithen, S., Finlay, N., Carruthers, W., Carter, S., Ashmore, P., 2001. Plant use in the Mesolithic: evidence from Staosnaig, Isle of Colonsay, Scotland. *J. Archaeol. Sci.* 28, 223–234.
- Moreno García, M., 1999. Ethnographic observations of transhumant husbandry practices in Spain and their applicability to the archaeological sample. In: Bartosiewicz, L., Greenfield, H.J. (Eds.), *Transhumant Pastoralism in Southern Europe. Recent Perspectives from Archaeology, History and Ethnology*. Archaeolingua, Budapest, pp. 159–177.
- Navarrete, V., Saña, M., 2017. Territories and Livestock Management in the North-east of the Iberian Peninsula during the Early Neolithic: Complementarities and Specialization between Settlements. in preparation.
- Navarrete, V., 2017. Análisis faunístico del yacimiento neolítico de Reina Amalia (Barcelona). in preparation.
- Nicod, P.-Y., Picavet, R., Argant, J., Brochier, J.L., Chaix, L., Delhon, C., Martin, L., Moulin, B., Sordoillet, D., Thiébaud, S., 2010. Une économie pastorale dans le nord du Vercors: analyse pluridisciplinaire des niveaux néolithiques et proto-historiques de la Grande Rivoire (Sassenage, Isère). In: Beeching, A., Thirault, E., Vital, J. (Eds.), *Économie et société à la fin de la Préhistoire, Actes des 7èmes rencontres méridionales de préhistoire récente*, Bron, 3–4 novembre 2006. Publications de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon, pp. 69–86.
- Oms, F.X., Petit, M.A., Morales, J.I., García, M.S., 2012. Le processus de néolithisation dans les Pyrénées orientales. Occupation du milieu, culture matérielle et chronologie. *Bull. la Société préhistorique française* 109, 651–670.
- Orenco, H., Palet, J.M., Ejarque, A., Miras, Y., Riera, S., 2014. Shifting occupation dynamics in the Madriu-Perafita-Claror valleys (Andorra) from the early Neolithic to the Chalcolithic: the onset of high mountain cultural landscapes. *Quat. Int.* 353, 140–152.
- Pallarès, M., Bordas, A., Mora Torcal, R., 1997. El proceso de neolitización en los Pirineos orientales. Un modelo de continuidad entre los cazadores-recolectores neolíticos y los primeros grupos agropastoriles. *Trab. Prehist.* 54, 121–141.
- Pèlachs, A., Soriano, J.M., Nadal, J., Esteban, A., 2007. Holocene environmental history and human impact in the Pyrenees. *Contributions Sci.* 3, 421–429.
- Pérez-Obiol, R., Jalut, G., Julià, R., Pèlachs, A., Iriarte, M.J., Otto, T., Hernández-Beloqui, B., 2011. Mid-Holocene vegetation and climatic history of the Iberian Peninsula. *Holocene* 21, 75–93.
- Pla, S., Catalan, J., 2005. Chrysophyte cysts from lake sediments reveal the submillennial winter/spring climate variability in the northwestern Mediterranean region throughout the Holocene. *Clim. Dyn.* 24, 263–278.
- Popper, V.S., 1988. Selecting quantitative measurements in Paleoethnobotany. In: Hastorf, C.A., Popper, V.S. (Eds.), *Current Paleoethnobotany. Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*. University of Chicago Press, Chicago and London, pp. 53–71.
- Remolins, G., Antolín, F., Fortó, A., 2011. La ocupación neolítica de Juberri (Sant Julià de Lòria, Andorra). Análisis territorial y resultados arqueobotánicos preliminares. In: Turu, V., Constante, A. (Eds.), *El Cuaternario en España y áreas afines, avances en 2011*. AEQUA - Fundació M. Chevalier, Andorra la Vella, pp. 263–264.
- Revelles, J., 2016. Archaeoecology of Neolithisation. Human-environment interactions in the NE Iberian peninsula during the early Neolithic. *J. Archaeol. Sci. Rep.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.02.004>.
- Revelles, J., Antolín, F., Berihuete, M., Burjachs, F., Buxó, R., Caruso, L., López, O., Palomo, A., Piqué, R., Terradas, X., 2014. Landscape transformation and economic practices among the first farming societies in Lake Banyoles (Girona, Spain). *Environ. Archaeol.* 19, 298–310.
- Rius, D., Vannière, B., Galop, D., 2009. Fire frequency and landscape management in the northwestern Pyrenean piedmont, France, since the early Neolithic (8000 cal. BP). *Holocene* 19, 847–859.
- Rodanés, V., Ramón, N., 1995. El Neolítico en Aragón: Hábitat y Territorio. In: *Zephyrus XLVIII*, pp. 101–128.
- Rodríguez-Antón, D., 2011. Poblamiento y patrones de asentamiento de la alta montaña en el Pirineo central durante el Holoceno antiguo y medio (11–4 ka cal BP): un enfoque arqueológico y paleoambiental. *Estrat. Crític* 5, 120–131.
- Rojo Guerra, M.A., Arcusa Magallón, H., Peña-Chocarro, L., Royo Guillén, J.I., Tejedor Rodríguez, C., García Martínez de Lagrán, I., Garrido Pena, R., Moreno García, M., Pimenta, C., Mazzucco, N., Gibaja Bao, J.F., Pérez Jordà, G., Jiménez Jiménez, I., Iriarte, E., Alt, K.W., 2014. Los primeros pastores trashumantes de la Alta Ribagorza. In: Clemente, I., Gassiot Ballbè, E., Rey Lanasa, J. (Eds.), *Sobrarbe antes de Sobrarbe: pinceladas de historia de los Pirineos*. Centro de Estudios de Sobrarbe, Instituto de Estudios Altoaragoneses, pp. 127–151.
- Rojo Guerra, M.A., Peña-Chocarro, L., Royo-Guillén, J.I., Tejedor Rodríguez, C., García Martínez de Lagrán, I., Arcusa Magallón, H., Garrido Pena, R., Moreno-García, M., Mazzucco, N., Gibaja Bao, J.F., Ortega, D., Kromer, B., Alt, K.W., 2013. Pastores trashumantes del Neolítico Antiguo en un entorno de alta montaña: secuencia crono-cultural de la Cova de Els Trocs (San Feliu de Verí, Huesca). In: Carnicero, F.R. (Ed.), *Boletín del seminario de estudios de arte y arqueología. Universidad de Valladolid, Valladolid*, pp. 9–55.
- Rosillo, R., Palomo, A., Tarrús, J., Bosch, A., García, R., Antolín, F., Campeny, G., Clemente, I., Clop, X., García, E., Gibaja, J., Oliva, M., Piqué, R., Saña, M., Terradas, X., 2015. Darreres troballes de la prehistòria recent a l'Alt Empordà. Dos assentaments a l'aire lliure: la Serra del Mas Bonet (Vilafant) i els Banys de la Mercè (Capmany). In: *Tribuna D'Arqueologia* 2012–2013, pp. 41–62.
- Saña, M., 1998. Arqueozoologia i faunes neolítiques a Catalunya. In: *Problemàtica plantejada entorn a la dinàmica del procés de domesticació animal*. Cypselà, pp. 99–110.
- Saña, M., 2011a. La gestió dels recursos animals. In: Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. (Eds.), *El poblat lacustre del Neolític antic de la Draga. Excavacions 2000–2005*, vol. 9. Monografies del CASQ, pp. 150–164.
- Saña, M., Bogdanovic, I., Navarrete, V., 2014. Taphonomic evaluation of the degree of historical representation of the archaeological bone samples in anaerobic versus aerobic environments: the Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). *Quatern. Int.* 330, 72–87.
- Saña, M., Antolín, F., Bergadà, M., Castells, L., Craig, M., Edo, M., Spitereu, C., 2015. Pràctiques agropecuàries durant el Neolític antic i mitjà 57 en la cova de Can Sadurní (Begues, Barcelona). *Estud. Memòria* 8, 57–67.
- Saña, M., 2011b. Anàlisi arqueozoològica de les restes de fauna recuperades al jaciment de la Serra del Mas Bonet (Vilafant, Alt Empordà). Informe tècnic inédit. Laboratori de Arqueozoologia, UAB, Barcelona.
- Saña, M., Tornero, C., Nadal, J., 2017. Gestió animal a les terres de l'Ebre entre 12000 cal aC i 4000 cal aC (in press). In: *Història de les Terres de l'Ebre*, Museu d'Amposta, Amposta.
- Spitereu, C.D., Gillis, R.E., Roffet-Salque, M., Castells, L., Guilaine, J., Manen, C., Muntoni, I.M., Saña, M., Urem-Kotsou, D., Whelton, H.L., Craig, O.E., Vigne, J.D., Evershed, R.P., 2016. Regional asynchronicity in dairy production and processing in early farming communities of the northern Mediterranean. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113 (48), 13594–13599.
- Tornero, C., Aguilera, M., Ferrio, J.P., Arcusa, H., Moreno-García, M., García-Reig, S., Rojo-Guerra, M., 2016. Vertical Sheep Mobility along the Altitudinal Gradient through Stable Isotope analyses in Tooth Molar Bioapatite, Meteoric Water and Pastures: a Reference from the Ebro valley to the Central Pyrenees. *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.11.042>.
- Unodc, 1950. The Cultivation of the Opium Poppy in Turkey, vol. 1950. UNODC Bulletin, pp. 13–25.
- Uzquiano, P., Allué, E., Antolín, F., Burjachs, F., Picornell, L., Piqué, R., Zapata, L., 2015. All about yew: on the trail of *Taxus baccata* in southwest Europe by means of integrated palaeobotanical and archaeobotanical studies. *Veg. Hist. Archaeobot.* 24, 229–247.
- von den Driesch, A., 1976. A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites. Harvard University Press, Harvard.
- van der Veen, M., 2007. Formation processes of desiccated and carbonized plant remains - the identification of routine practice. *J. Archaeol. Sci.* 34, 968–990.
- Van Willigen, S., 2004. Aspectes culturels de la neolithització en Mediterrània occidental: le Cardial et l'Épicardial. *Bull. la Société Préhistorique Française*

- 101, 463–495.
- 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, 9–40.
- Villalba, M.J., Bañolas, L., Arenas, J., Alonso, M., 1986. Les mines neolítiques de Can Tintorer: Gavà. Excavacions 1978–1980. Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Vincze, L., 1980. Peasant animal husbandry: a dialectic model of techno-environmental integration in agro-pastoral societies. *Ethnology* 19, 387–403.
- Viñerta, A., 2015. El análisis de la Fauna de los niveles neolíticos de Coro Trasito (Tella-Sin, Sobrarbe). Trabajo de final de Grado inédito, UAB, Barcelona.
- Yáñez, C., 2005. El Neolítico. In: Belenguier, E. (Ed.), *Història d'Andorra. De la prehistòria a l'edat contemporània*. Edicions 62, Barcelona, pp. 51–76.
- Yáñez, C., Malgosa, A., Burjachs, F., Díaz, N., García, C., Isidro, A., Juan, J., Matamala, J., 2002. El món funerari al final del V mil.lenni a Andorra: la toma de Segudet (Ordino). *Cypsela* 14, 175–194.
- Zapata, L., Baldellou, V., Utrilla, P., 2008. Bellotas de cronología neolítica para consumo humano en la cueva de Chaves (Bastarás, Huesca). In: *IV Congreso del neolítico peninsular*, pp. 402–410.

### **4.3. Consideraciones finales en torno a la influencia de las características ambientales y tipo de yacimiento en la composición de los conjuntos de restos de fauna durante el Neolítico Inicial**

El análisis tafonómico de los conjuntos de restos de fauna nos permite evaluar su dinámica de formación, acumulación y modificación. La pérdida de información progresiva de los restos desde el abandono y deposición hasta su recuperación en el yacimiento durante la excavación arqueológica condiciona su interpretación y el grado de representatividad histórica. Varios autores han destacado la necesidad de considerar esta variabilidad en una escala *intra-site* (Klein y Cruz-Urbe, 1984) o entre yacimientos cercanos con ocupaciones contemporáneas (Marean, 1991) como una forma de minimizar los sesgos en la interpretación histórica. Cabe destacar que los criterios seguidos durante la recuperación y registro de los restos faunísticos en la excavación arqueológica pudieron condicionar la sobrerrepresentación o, por el contrario, la ausencia, de algunos elementos esqueléticos o taxones específicos.

Como se ha observado en los trabajos presentados anteriormente, el estudio de los diferentes procesos de gestión y explotación de los animales domésticos puede estar altamente sesgado en yacimientos que no presenten condiciones idóneas de preservación. Dado este hecho, es fundamental el estudio del contexto arqueológico y los procesos de trabajo que han participado en la formación del conjunto. Asimismo, cabe contemplar los diversos factores y agentes tafonómicos que han intervenido en la formación tanto del conjunto de restos de fauna como en la propia formación del yacimiento arqueológico, ya que el grado de preservación de los restos de fauna incide directamente en la representatividad histórica del conjunto arqueológico. Por tanto, es necesaria la aplicación de una metodología integrada que evalúe el grado relativo de preservación de los conjuntos de fauna con el objetivo de incidir en una interpretación más ajustada de la dinámica social y económica de las primeras sociedades agro-pastoriles.



## CAPÍTULO 5

### **Buscando explicaciones a la variabilidad en la gestión animal a inicios del Neolítico. Cuestiones de representatividad en Arqueozoología: agentes sociales**

En el capítulo anterior se ha abordado la problemática relativa al grado de representatividad histórica de los conjuntos faunísticos en base a los parámetros y variables de índole natural y ambiental que pueden estar incidiendo en su composición, ya sea en términos tafonómicos o culturales. Una vez evaluadas y discutidas las principales limitaciones que estos factores pueden suponer para la investigación de la gestión animal a inicios del neolítico, se trata en este capítulo otro aspecto crucial relacionado con la representatividad de los conjuntos faunísticos, pero ahora enfatizando los aspectos de orden social y organizativo. La pregunta clave que formulamos es: ¿cómo quedan representados en los conjuntos faunísticos los animales domésticos, la producción del animal durante la vida y los nuevos procesos de trabajo vinculados al Neolítico?

En relación al primer aspecto, son varios los criterios y procedimientos que se vienen considerando para la diferenciación entre la forma doméstica y la salvaje a partir de los restos de fauna. Si bien los estudios biomoleculares y biomecánicos son actualmente dos de las líneas de trabajo en las que se están dedicando numerosos esfuerzos a nivel técnico, los criterios seguidos tradicionalmente son los que continúan aplicándose con más asiduidad. Entre estos, y en base sobre todo a los nuevos datos genéticos publicados para varias especies, se está discutiendo ampliamente el alcance y limitaciones de los análisis biométricos en esta operación, discusión que abordamos a partir del ejemplo de la domesticación de los suidos durante la prehistoria reciente en la Península Ibérica.

En segundo lugar, los recientes resultados obtenidos a partir del análisis de los lípidos en recipientes cerámicos de cronología neolítica, ponen de relieve el papel importante de la producción láctea ya en el Neolítico Inicial, aspecto que ha llevado a considerar el alcance de los criterios que utilizamos en arqueozoología para evidenciar los modos de explotación ganadera, y en concreto, aquellas producciones derivadas de la gestión del animal vivo como la leche, fibras animales o fuerza de trabajo. Tal como se ha señalado anteriormente, únicamente



estudios integrados que tengan en cuenta los diversos aspectos que confluyen en la actividad ganadera pueden ayudar en el intento de establecer la producción en la ganadería neolítica. En este caso el ejemplo que se aporta como representativo de esta propuesta de trabajo es el relativo al estudio efectuado sobre el yacimiento neolítico de La Draga (Banyoles, Girona). Se trata en concreto de un estudio donde la gestión animal se analiza de manera integrada a la actividad agrícola y organización del asentamiento. Los datos obtenidos son ampliamente sugerentes y demuestran el potencial económico de la agricultura y ganadería en sus momentos iniciales. Lejos de las asunciones tradicionales, se concluye a partir de este trabajo que estas nuevas actividades estaban plenamente integradas en los ciclos económicos y que, por tanto, la adaptación de las poblaciones neolíticas a los nuevos ambientes habría sido rápida y en muchos casos posiblemente exitosa.

Finalmente, el tema de la representatividad se aborda también desde la perspectiva no tan solo de la producción sino también de la gestión de los rebaños de animales vivos, uno de los aspectos centrales investigado en este trabajo de tesis doctoral. Tal como se ha expuesto en la introducción y en el apartado de metodología, el estudio de la gestión de los rebaños de animales vivos pasa por considerar las operaciones implicadas en su cría, mantenimiento y reproducción, siendo la alimentación uno de los pilares básicos. La propuesta que se desarrolla y aplica se basa en el estudio de los isótopos estables contenidos en el colágeno óseo y en la bioapatita del esmalte dentario como representativos de los regímenes alimentarios. A partir de los datos obtenidos se infieren los procesos de trabajo y modo de organización de las comunidades neolíticas en lo relativo a la gestión y explotación de los recursos animales, induciendo en la temporalidad de organización de las actividades ganaderas en relación a los ciclos estacionales y anuales, y en la capacidad de gestión del medio para la consecución de alimento, teniendo en cuenta los diferentes requerimientos que presentan a este nivel las cuatro principales especies domésticas documentadas durante el Neolítico Inicial.

Así pues, con este capítulo se exploran nuevos enfoques y vías analíticas para el estudio de la domesticación animal y prácticas ganaderas iniciales en el territorio del noreste peninsular.

### **5.1. Representación del estado doméstico a partir de los restos de fauna**

El análisis arqueozoológico permite reconstituir en algunas ocasiones las características físicas de los animales (forma y talla) a partir del análisis biométrico de los restos de fauna. No obstante, esta operación presenta algunas limitaciones en lo relativo al estudio de la domesticación animal debido básicamente a que las características físicas de los primeros

animales domésticos no tienen por qué diferir de las de sus agrotipos salvajes.

Es importante destacar la problemática existente en torno a la diferenciación de las especies domésticas y silvestres para poder evidenciar la domesticación animal (Helmer, 1992; Saña, 1999, 2011, 2013; Vigne et al., 2002; Evin et al., 2014, 2015; Zeder, 2015; Freumond et al., 2017). En esta línea, Lauvergne (1984) propone que las especies silvestres muestran un grado de homogeneidad mayor en su apariencia física que las especies domésticas. Esta característica es consecuencia de la inexistencia de una mezcla genética que sí se da en las poblaciones con una reproducción bajo control humano. Este control pudo contribuir a la relajación de la selección natural. Como resultado aparecerían caracteres concretos propios de poblaciones domésticas (aumento de peso, de tamaño...) (Denis, 1989). Los cambios experimentados por los animales en condiciones de reproducción artificial se vienen agrupando en cuatro tipos: cromosómicos, de comportamiento, funcionales y anatómicos (Helmer, 1992), siendo estos últimos los que podemos documentar a partir del estudio arqueozoológico directo de los restos de fauna. En la mayoría de los trabajos realizados hasta el momento se asume que los cambios producidos por la domesticación se reflejan sobre el esqueleto del animal, aunque cabe destacar la dificultad de diferenciar muchas veces entre los cambios que son consecuencia de la intervención humana y aquéllos producidos por la presión ambiental y condiciones generales de vida (p. ej. la alimentación: Meadow, 1989; Saña, 1999).

La determinación anatómica y taxonómica de los restos de fauna recuperados en un yacimiento arqueológico es una de las operaciones más importantes en arqueozoología con el objetivo de evaluar la importancia económica de las especies explotadas, e incidir en las diferentes estrategias de gestión y explotación animal. Diferenciar entre la forma doméstica y silvestre en yacimientos del Neolítico Inicial es una de las cuestiones clave para entender el proceso de domesticación animal. Los criterios diagnósticos aplicados corrientemente para evidenciar la presencia de animales domésticos en yacimientos arqueológicos son: presencia de patologías y deformaciones óseas; disminución o aumento de talla; y el cambio en la forma y tamaño del esqueleto craneal y postcraneal.

Uno de los criterios más aplicados, si bien también más discutido en la actualidad, es el cambio de talla (Rowley-Conwy, 1995; Albarella et al., 2005; 2006; Zeder, 2012; Evin et al., 2015; Vigne, 2015). Saña (1999: 53) recoge en su tesis varias de las explicaciones propuestas para la disminución de la talla de los animales domésticos. Así, por ejemplo, en algunas se contempla que la disminución de la talla sería consecuencia directa de la actividad humana, mientras que otras explicaciones minimizan el papel jugado por la selección antrópica. Entre las primeras la

disminución de la talla estaría relacionada y sería consecuencia de cambios en la alimentación (p. ej. optimización de los pastos) (Jarman y Wilkinson, 1972) o de las condiciones de cría, priorizando la domesticación la cría de los animales de talla relativamente menor para facilitar su control (Zeuner, 1963). Entre el conjunto de explicaciones que consideran que la disminución de la talla de los animales domésticos no es un objetivo perseguido de manera consciente por la población, se atribuye esta disminución al deterioro de la dieta (Boessneck, 1987), a su salida del biotopo natural (Ducos, 1993) o a la restricción de la actividad, y con ello, la reducción de movilidad (Redman, 1977). Deben considerarse paralelamente otros aspectos que inciden en la talla animal como son la edad de los individuos, el dimorfismo sexual dentro de la misma población, y los componentes ambientales y genéticos individuales (Payne y Bull, 1988).

El análisis osteométrico de los restos de fauna permite describir a nivel físico y por medio de parámetros cuantitativos una determinada especie, así como la variabilidad interindividual dentro de un mismo rebaño. Así pues, a inicios del Neolítico, la variabilidad de las poblaciones domesticas puede ser relativamente más acusada que la de poblaciones silvestres. El análisis biométrico de los restos de fauna con el objetivo de establecer la talla y dimensiones del animal presenta, no obstante, ciertas limitaciones para la diferenciación entre la forma silvestre y la doméstica a inicios de la domesticación (Albarella, 2002). Otro de los criterios utilizados en arqueozoología para evidenciar la presencia de animales domésticos son los cambios morfológicos. En efecto, los cambios morfológicos en cráneo y en los dientes puede ser un factor indicativo de la domesticación. Los cuernos y cornamentas son también una de las partes más modificadas. Un ejemplo de ello es el trabajo desarrollado por Uerpmann (1992), en donde se establece una relación entre el cambio en el tamaño y la forma de los cuernos de los bovinos durante el proceso de domesticación. A partir de la aplicación de las técnicas de GMM (Morfometría Geométrica) se ha podido analizar el tamaño y la forma a partir del estudio geométrico de los huesos, tanto del esqueleto craneal (principalmente restos dentarios) como del postcraneal (Evin et al., 2013, 2014, 2016). Aun así, estos criterios implican la comparación con poblaciones modernas que presentan variables difíciles de controlar en poblaciones prehistóricas (ratios de crecimiento, influencias climáticas o niveles de dimorfismo). Otro cambio que se produce durante el proceso de domesticación son las modificaciones producidas en el proceso reproductivo de los animales, por ejemplo, el descenso en la amplitud del dimorfismo sexual (Uerpmann, 1972). En el esqueleto postcraneal, uno de los cambios significativos entre la especie salvaje y doméstica es el aumento o disminución del número de vertebrales. Por ejemplo, el número de vertebrales caudales

disminuye en los animales domésticos, a excepción de la oveja (Saña, 1999).

Del mismo modo que se produce un cambio en el esqueleto postcraneal y craneal en el proceso de domesticación animal, el aspecto externo del animal también cambia (Zeder, 2006). Análisis recientes de DNA antiguo han documentado una distribución desigual de los pigmentos del pelo, favoreciendo la aparición de diseños variados, raramente documentados en especies salvajes (Brandt et al., 2011; Ramirez et al., 2015)

Otro de los criterios más utilizados para evidenciar la práctica de la ganadería es la estructura demográfica del rebaño (composición de las cabañas según edad y sexo). Se parte de la hipótesis de que la estrategia de explotación de los recursos animales (caza o ganadería) está representada en el registro arqueozoológico por diferentes pautas de matanza (Payne, 1973; Helmer, 1992; Helmer y Vigne, 2004; Vigne, 2005; Vigne y Helmer, 2007). Mientras que la caza está representada por una proporción más alta de animales adultos y más baja de inmaduros, la ganadería puede implicar una elección de la edad de matanza de los animales diferente, presentado por tanto patrones más variables (Reed, 1983; Saña, 1999). De esta forma, las pautas de matanza documentadas para cada especie animal constituyen un indicador de los productos explotados y tipo de ganadería practicada (Helmer, 1992), informando de esta manera sobre la posible presencia de animales domésticos.

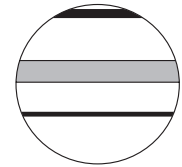
La utilización de estos criterios diagnósticos en la separación de la especie doméstica y salvaje debe tener en cuenta toda la serie de factores que pueden contribuir a la variabilidad de forma y talla entre ambas poblaciones. Entre estos factores cabe destacar las diferencias climáticas y ambientales, las diferencias en las ratios de crecimiento entre la misma población y edad, la variabilidad en el dimorfismo sexual y la creciente presión selectiva de la cría (Evin et al., 2014, 2015; Zeder, 2006, 2012; Navarrete y Saña, 2017).

A continuación, se presenta, siguiendo la línea expuesta anteriormente, una aplicación práctica de los análisis biométricos en las poblaciones neolíticas de *Sus* en la Península Ibérica, donde se evalúan las limitaciones de esta técnica y se incide en la variabilidad documentada por estas poblaciones a inicios del Neolítico en un área clave para el estudio del proceso de neolitización.

### **5.1.1. Posibilidades y límites de la utilización de la talla como representativa del estado doméstico: el ejemplo de los suidos a inicios del Holoceno en la Península Ibérica.**

5.1.1.1. Navarrete V, Saña M. 2017. Size changes in wild and domestic pig populations between 10,000-800 cal BC in the Iberian Peninsula: evaluation of natural versus social impacts in animal populations during the first domestication stages. *The Holocene* 27 (10): 1526-1539.

*In the early Holocene, animal domestication processes entailed important changes to the subsistence strategies of Neolithic populations. Among the first domestic species, pigs played a key role as they soon came to be one of the main sources of meat. Several methodological approaches have been followed in archaeology to differentiate between wild and domestic forms in the faunal remains found at Early Neolithic sites. Among these, biometry is essential. The biometric analysis applied to a significant sample of *Sus domesticus* and *Sus scrofa* remains from 52 sites in the Iberian Peninsula dated between 10,000 and 800 cal BC reveals differential dynamics between the wild and domestic form resulting from changes in the climate during that time and the increasingly systematic selective pressure of husbandry. Whereas the wild animals increased in size, the inverse tendency is documented in the domestic population, which gradually decreased in size after the Early Neolithic. The point of greatest divergence is seen in the Bronze Age. Significant differences are also documented in different geographic areas, which corroborates the influence of climate on the physical characteristics of wild populations. The range of variability in each population also differs chronologically as it is relatively greater in the Neolithic, which may be connected with the existence of different ways of adopting and breeding domestic pig among the first Neolithic communities, some of which may have involved continuous crossbreeding between the two populations. The results are an initial point of reference for the classification of archaeological remains of prehistoric pig in the Iberian Peninsula, a key area for the study of the dynamics of neolithisation.*



# Size changes in wild and domestic pig populations between 10,000 and 800 cal. BC in the Iberian Peninsula: Evaluation of natural versus social impacts in animal populations during the first domestication stages

Vanessa Navarrete Belda and Maria Saña Seguí

## Abstract

In the early-Holocene, animal domestication processes entailed important changes to the subsistence strategies of Neolithic populations. Among the first domestic species, pigs played a key role as they soon came to be one of the main sources of meat. Several methodological approaches have been followed in archaeology to differentiate between wild and domestic forms in the faunal remains found at early Neolithic sites. Among these, biometry is essential. The biometric analysis applied to a significant sample of *Sus domesticus* and *Sus scrofa* remains from 53 sites in the Iberian Peninsula dated between 10,000 and 800 cal. BC reveals differential dynamics between the wild and domestic forms resulting from changes in the climate during that time and the increasingly systematic selective pressure of husbandry. Whereas the wild animals increased in size, the inverse tendency is documented in the domestic population, which gradually decreased in size after the early Neolithic. The point of greatest divergence is seen in the Bronze Age. Significant differences are also documented in different geographic areas, which corroborates the influence of climate on the physical characteristics of wild populations. The range of variability in each population also differs chronologically as it is relatively greater in the Neolithic, which may be connected with the existence of different ways of adopting and breeding domestic pig among the first Neolithic communities, some of which may have involved continuous cross-breeding between the two populations. The results are an initial point of reference for the classification of archaeological remains of prehistoric pig in the Iberian Peninsula, a key area for the study of the dynamics of neolithisation.

## Keywords

early- and middle-Holocene, Iberian Peninsula, osteometry, pig domestication, pig husbandry, *Sus domesticus*, *Sus scrofa*

Received 23 October 2016; revised manuscript accepted 23 January 2017

## Introduction

The dynamics of animal domestication processes in the Iberian Peninsula are being studied profusely at the present time particularly because of the contribution this topic can potentially make towards understanding the neolithisation phenomenon in the western Mediterranean. Several millennia separate the first material manifestations of neolithisation in the Near East and in Iberia as the presence of the first domestic animals is documented millennia later in Iberia than in the former region. An eastern origin has traditionally been claimed for these first domesticates. However, recent publications stress the possibility of the domestication of autochthonous species in the case of bovids (Wright et al., 2014) and suids (Larson et al., 2005; Vai et al., 2015). For the latter species, palaeogenetic studies have identified several independent areas of domestication, which suggests the hypothesis of repeated domestication actions, spatially and temporally. Studies based on geometric morphometrics correlated with palaeomolecular analysis of a large collection of pig molars found at Neolithic sites in the Balkan Peninsula equally indicate that the domestication of this species may have included numerous modalities, with

a continuous flow between wild and domestic populations (Evin et al., 2015). The possibility also of access, through exchange or hunting feral animals, to domestic animals by Mesolithic hunter-gatherers in southern Scandinavia and northern Germany, suggested by mutations detected in the MC1R gene associated with the colour of the coat (Krause-Kyora et al., 2013), is further evidence that animal domestication or the inclusion of domestic animals in subsistence was the result of diverse pig management strategies, some of which may have led to their domestication.

---

Departament de Prehistoria, Facultat de Lletres, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain

### Corresponding author:

Vanessa Navarrete Belda, Departament de Prehistoria, Facultat de Lletres, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Barcelona 08193, Spain.  
Email: vanessa.navarrete@uab.cat

This historical issue of the first experiences in animal domestication has been studied through different perspectives (Saña, 1999, 2005; Vigne, 2015; Zeder, 2012). Whereas in zoological or environmental approaches, the emphasis is placed on the animal per se; in historical approaches, the weight of the analysis falls on the social formation responsible for the process, without whom the transition from wild to domestic condition would have been impossible. In the framework of the latter approach, several views can be differentiated (Saña, 1999, 2005). From the economic viewpoint, the conceptualisation of the animal as a resource has led to the domestication process being understood as a continuous series of stages each defined by the specific type of relationship existing between society and the animal resources. However, it is still difficult to determine in which stage the animal can be regarded as domestic. Although integral analytical approaches (biometry, stable isotopes, palaeogenetics and geometric morphometrics; Vigne et al., 2005) are now able to identify stages or situations that had been archaeologically invisible, by themselves their resolution is not sufficient to determine the initial animal domestication. This is only possible through a social approach embracing all the changing relationships that would allow continued control over reproduction and restricted access to animal resources.

The data currently available about suids allow the proposal of several trajectories through which the control of their reproduction and therefore their domestication would be feasible (Dwyer, 1996; Nakai, 2012; Rowley-Conwy, 1995, 2001; Sillitoe, 2007). Some of these models were designed bearing in mind the ethnographic studies that have documented a wide range of strategies in the management of the reproduction of pigs in the initial phases of their domestication (Baldwin, 1979; Nakai, 2012; Yen, 1991). Zeder (2012) also suggests joint commensalism as a scenario leading to the domestication of this species. In this case, the greater sedentarism of populations in the early-Holocene may have encouraged wild boar to approach human settlements. However, the key issue lies in the criteria followed in the selection involved in reproduction, widely dependent on the strategies of adoption and maintenance of animals that are applied. According to the degree of interdependence between the wild population and the one managed directly by human groups, the results obtained in the ethnographic studies cited above can be summarised in three main scenarios. First, human action is limited to capturing infant or juvenile specimens that were born in the wild. In the second, reproductive females are monitored continually, and in the third, both males and females depend entirely on humans. In some situations, therefore, the flow between wild and domestic populations would be common (Marshall et al., 2014). This is especially true taking into account that because of their feeding habits and behaviour, the breeding and maintenance of this species can be based on extensive practices in which the animals do not live in confined or enclosed spaces (Albarella and Trentacoste, 2011; Hadjikoumis, 2012; Redding and Rosenberg, 1998).

The possibility of hybridisation between populations is therefore continual (Ramirez et al., 2015). This adds certain complexity to the study of initial animal domestication, as its archaeological representation based on faunal remains may be highly variable and difficult to identify. Several studies have underscored the difficulty in separating wild and domestic forms in the case of pigs (Mayer et al., 1998; Payne and Bull, 1988). Additionally, such aspects as the different degrees of inter-relation and mixing between the two and the potential presence of feral specimens should be considered. One of the criteria most often used in this situation is based on biometry (Albarella et al., 2006b; Evin et al., 2014; Mayer et al., 1998; Payne and Bull, 1988; Rowley-Conwy et al., 2012), although recently numerous analytical methods such as palaeogenetics (Krause-Kyora et al., 2013; Larson and Burger,

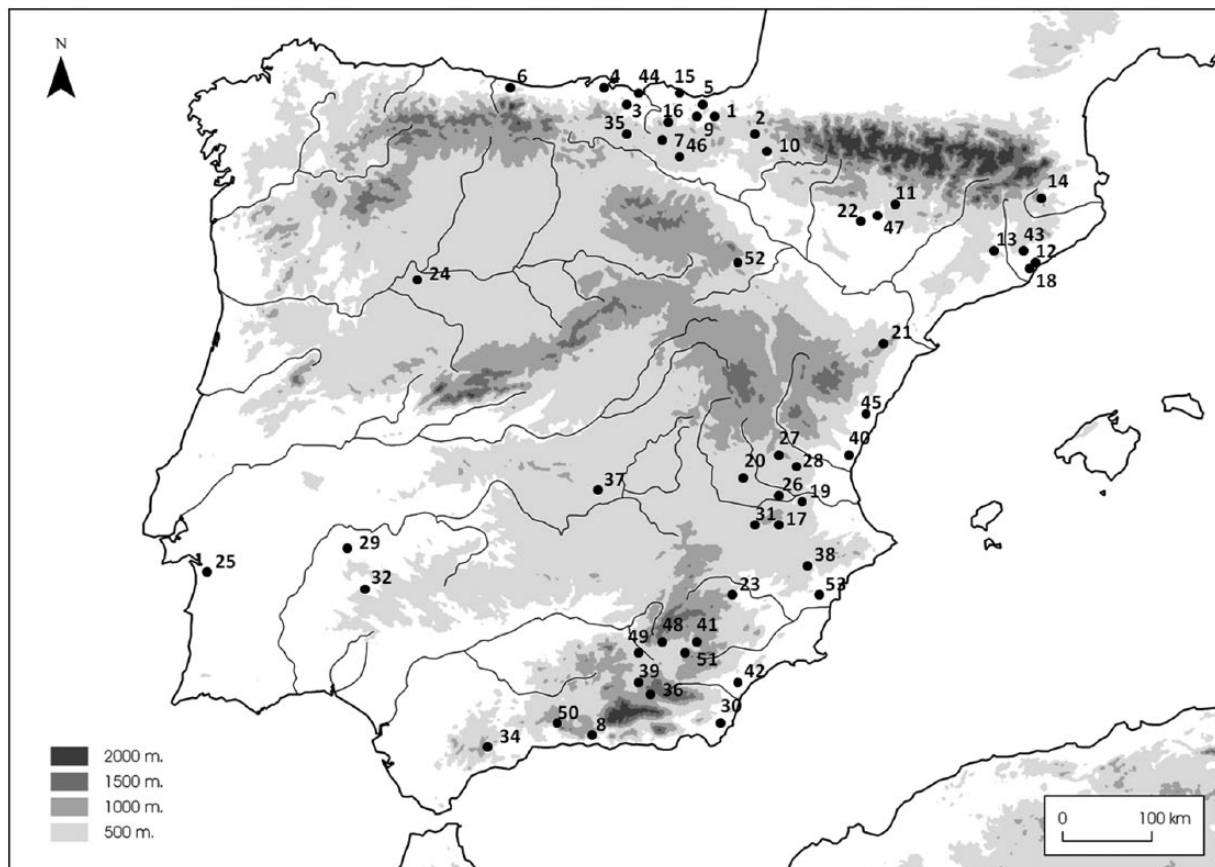
2013), stable isotopes and geometric morphometrics (Balasse et al., 2016; Evin et al., 2015) have been proposed.

In the case of the Iberian Peninsula, no integrated study has examined the variability in pig populations in the early- and middle-Holocene. Only the studies of Albarella et al. (2005, 2009), Davis and Mataloto (2012) and Davis and Detry (2013) integrate data from Portugal in order to examine the dynamics in the changes in size of wild and domestic pigs over a long period of time. Hadjikoumis (2010) also carried out a full study of pig farming in the post-Neolithic period in his doctoral thesis. More precisely, Altuna and Mariezkurrena (2011) have published a summary for northern Iberia based on the biometric differentiation between *Sus scrofa* and *Sus domesticus*, from the Upper Palaeolithic to the Middle Ages. The results prove the existence of size differences between the two populations that can be identified in archaeological remains. In the Iberian Peninsula, the criteria most often used to discriminate between the wild and domestic species have been biometrics, slaughtering patterns, morphological traits and the archaeological context. Some authors stress the implicit limitations when the assemblages belong to the early Neolithic (Altuna, 1980; Altuna and Mariezkurrena, 2011; Castaños, 1984, 1991).

In order to reconstruct the history of suid populations (*Sus scrofa*/*Sus domesticus*) and their management in Iberia during prehistory, this paper presents an exhaustive analysis of the biometric data currently available for different time periods. The goal is to infer the forms of management of these species between 10,000 and 800 cal. BC. In first place, the variability of *Sus scrofa* from the Epipalaeolithic to the Bronze Age is assessed and later compared diachronically with the characteristics of the domestic populations. The explanatory models formulated in Iberia in relation to the pig domestication process envisage a complex and varied situation in the early-Holocene, in accordance with the large and contrasting environmental variability in the peninsula. The empirical record reveals the existence of a few sites in the north of Iberia specialising in hunting wild boar in the early Neolithic, whereas at other sites domestic pig breeding was well established and hunting was very limited (Saña, 2013). Published biometric studies for particular sites suggest discontinuity between wild and domestic populations, which might be linked to the widespread adoption of the domestic form at most human settlements. However, given the diversity of scenarios that have recently been proposed and identified in other geographic areas and the methodological difficulties in differentiating between *Sus scrofa* and the first domestic forms, it is necessary to study this phenomenon diachronically from a territorial perspective to be able to infer the diversity of situations in which the domestication and adoption of domestic pigs took place.

## Materials and methods

This study is based on the exhaustive statistical analysis of the biometric data in the eastern part of the Iberian Peninsula, as most of the sites with published archaeozoological studies are located in that area. The sample consists of 53 archaeological sites in the north and east of the peninsula (Figure 1), covering a time from 10,000 to 800 cal. BC (Table 1). The inclusion of sites in each period has respected the criteria followed by different researchers, using the general chronocultural systematisation for the Iberian Peninsula. Only data for adult individuals at well-dated sites with no taphonomic problems have been used. The systematisation of all the measurements enables a continuous interpretation of the data temporally, without any significant gaps of periods with no data. For the measurements, the standardised criteria published by von den Driesch (1976) have been followed, including cases in which Payne and Bull's (1988) proposal has been possible. The



**Figure 1.** Map with the location of the archaeological sites included in this study.

attributions of the remains to *Sus scrofa* or *Sus domesticus* made by the different researchers have been followed, while remains with no specific attribution have also been included in the analysis for comparison, noting that this category is only represented at some Neolithic and Chalcolithic sites and that the sample of measurements is small and circumscribed to a few sites.

The data have been compared with the log ratio technique (Meadow, 1999), using the data published by Albarella and Payne (2005) as the theoretical population. The comparison used the following logarithmic formula:  $(\log x - \log m) = \log (x/m)$ , where  $x$  is the measurement of the archaeological sample and  $m$  is the measurement of the standard population. Based on the recommendations from several studies, wherever possible, dental remains have been studied separately from the post-cranial skeleton (Albarella et al., 2005; Rowley-Conwy et al., 2012). Based on the log size index (LSI) values, in order to compare the data according to chronology and geographic area, the Kruskal–Wallis test has been used, with a statistical significance probability threshold of  $\alpha = 0.05$  (Hammer et al., 2001). The distribution of the measurements in box plot diagrams has enabled the assessment of continuity and discontinuity between wild and domestic populations bearing in mind that the interquartile range and median are represented in the box. Finally, multivariate statistics have been applied to assess the data integrally. The procedure has been cluster analysis, with which the degree of similarity between the data has been evaluated to determine whether or not the population can be divided into different size sub-groups. To apply this latter procedure, the databases have been formed by counting the LSI values according to chronology for each of the samples.

## Results

The results of the *Sus scrofa* sample are given first, comparing the variability obtained diachronically. Then, the characteristics of

the *Sus domesticus* populations are described, and finally, the data are compared and analysed together.

### Variability in *Sus scrofa* in the Iberian Peninsula from 10,000 to 800 cal. BC

First, the variability in *Sus scrofa* populations has been compared according to chronology and based on the log ratio values obtained, using box plot charts (Figure 2). The results reveal differential dynamics in wild boar size during prehistory, in agreement with the values of the descriptive statistical parameters obtained for each sample (Table 2). Between 10,000 and 5700 cal. BC, *Sus scrofa* displays greater homogeneity and a smaller size than in the Neolithic (5700–3500 cal. BC). After that time, the tendency is towards a gradual increase in wild boar size until the Bronze Age (2500–800 cal. BC). This trend is clearly reflected in the mean values of each population, ranging from 0.04 in the Epipalaeolithic to 0.07 in the late Bronze Age. The variability in each time interval also differs, with a maximum in the Chalcolithic (SD = 0.06). Kruskal–Wallis  $p$  values (Table 3) attest statistically significant differences between Bronze Age populations and those in other chronological intervals. They also indicate continuity in size dynamics from the Epipalaeolithic to the Neolithic. Based on these results, a statistically significant turning point may be proposed, located temporally between 2500 and 800 cal. BC, when this species reaches its largest size. In order to assess the role that geography and climate may have played in this variability, the log ratio values for the time intervals corresponding to the Neolithic and Bronze Age have also been compared, differentiating between the osteometric data in northern Iberia and in the Mediterranean region. The data for the rest of periods have not been represented as the number of measurements is too small for some areas. The results (Figure 3) show that the Mediterranean specimens were relatively smaller than the ones in the north. However, in both the



**Table 1.** Information about the sites, chronology and characteristics of the sample.

Code	Site	Location	Cultural attribution	Date (BP)	Date (cal. BC)	NISP	SC	NISP SD	NISP sp	n SC	n SD	n sp	Ref.
1a	Abauntz	Navarra	Azilian	9530 ± 300	9899–8206	7	–	–	–	3	–	–	Utrilla (1980) and Sancho (1995)
2	Aizpea	Navarra	Late Epipaleolithic	7160 ± 70	6211–5966	179	–	–	–	1	–	–	Castaños (2001)
3	Cubio redondo	Cantabria	Mesolithic	6630 ± 50	5631–5481	18	–	–	–	3	–	–	Castaños (2001)
4	Fragua	Cantabria	Mesolithic	6860 ± 60	5850–5640	19	–	–	–	3	–	–	González Morales (2000) and Marin-Arroyo (2004)
5a	Marizulo	Gipuzkoa	Late Mesolithic	6425 ± 85	5534–5223	127	–	–	–	11	–	–	Altuna (1972, 1980) and Alvarez-Fernandez and Altuna (2013)
6	Mazaculos II (level 3)	Asturias	Mesolithic	7030 ± 120	6101–5667	48	–	–	–	4	–	–	González Morales (1995) and Marin-Arroyo and Morales (2009)
7a	Mendandia (level IV–III)	Navarra	Mesolithic	7210 ± 80	6239–5973	60	–	–	–	2	–	–	Castaños (2006)
8a	Nerja	Málaga	Epipaleolithic/ Mesolithic	7240 ± 80	6336–6256	42	–	–	–	1	–	–	Boessneck and Driesch (1980) and Jordá and Aura (2008)
9	Urriaga	Gipuzkoa	Azilian	8700 ± 170	8259–7490	86	–	–	–	9	–	–	Altuna (1972)
10	Zatoya (level Ib)	Navarra	Geometric Epipaleolithic	8260 ± 550	8751–6066	167	–	–	–	10	–	–	Barandiarán (1982) and Mariezkurrena and Altuna (1989)
7b	Mendandia (level III)	Navarra	Neolithic	6460 ± 40	5486–5337	32	–	–	–	12	–	–	Castaños (2006)
11	Espluga de la Puyascada	Huesca	Neolithic	4560 ± 80	3521–3020	–	36	–	–	–	4	–	Castaños (1984)
12	Reina Amalia	Barcelona	Early Neolithic	5670 ± 40	4611–4443	10	939	3	–	–	116	–	Navarrete (in preparation)
13	Cova del Frare	Barcelona	Early Neolithic	5800 ± 130	4950–4363	–	265	–	–	–	2	–	Navarrete and Saña (in preparation)
14	La Draga	Girona	Early Neolithic	6010 ± 70	5070–4721	75	629	13	–	–	170	–	Saña (2000, 2011)
15	Herriko Barra	Guipuzkoa	Mesolithic	5960 ± 95	5077–4593	28	–	–	–	4	–	–	Mariezkurrena and Altuna (1995)
16	La Renke	Álava	Neolithic	5180 ± 100	4629	5	60	2	7	13	–	–	Ortiz (1989) and Altuna and Mariezkurrena (2001)
5b	Marizulo	Gipuzkoa	Neolithic	5285 ± 65	5215–4717	106	–	–	–	1	–	–	Altuna (1972, 1980)
17	Benàmer	Alicante	Early Neolithic	6250 ± 50	5321–5192	2	–	10	2	–	2	–	Tormo (2011)
18	Caserna St Pau	Barcelona	Early Neolithic	6290 ± 50	5372–5205	18	199	91	6	18	5	–	Colominas et al. (2008)
8b	Cueva de Nerja	Málaga	Early Neolithic	6330 ± 40	5380–5217	2	120	–	–	–	1	–	Boessneck and Driesch (1980)
19	Cova de l'Or	Alicante	Early Neolithic	6265 ± 75	5381–5021	8	177	–	3	18	–	–	Pérez Ripoll (1980)
20	Cova de la Sarsa	Valencia	Early Neolithic	6506 ± 32	5533–5461	18	239	7	11	10	9	–	Boessneck and Driesch (1980)
21	Cova de les Bruixes	Castellón	Early Neolithic	6460 ± 140	5658–5205	1	–	–	–	1	–	–	Sarrión (2005)
22	Cueva de Chaves	Huesca	Early Neolithic	6770 ± 70	5555–5310	154	1217	–	–	40	26	–	Castaños (2004)
23	Cueva del Nacimiento	Jaén	Neolithic	5490 ± 120	4586–4005	44	–	–	–	2	–	–	Asquerino and López (1981)
1b	Abauntz	Navarra	Neolithic	6910 ± 120	6018–5621	7	–	–	7	2	–	–	Utrilla (1982) and Sancho (1995)
1c	Abauntz	Navarra	Chalcolithic	4205 ± 35	2831–2468	–	–	–	65	–	–	5	Utrilla (1980) and Sancho (1995)
24	Castillejos	Badajoz	Chalcolithic	3990 ± 40	2620–2450	–	444	–	–	10	–	–	Ziegler (1990)
25	Zambujal	Lisboa	Chalcolithic	3995 ± 35	2775–2400	135	3381	–	–	104	96	–	Driesch and Boessneck (1976)
26	Arenal de la Costa	Valencia	Chalcolithic	3890 ± 80	2575–2140	–	93	–	–	–	13	–	Martinez and Bernabeu (1993)
8c	Nerja	Málaga	Chalcolithic	3840 ± 140	2677–1896	–	59	–	–	–	3	–	Boessneck and Driesch (1980)

(continued)

Table 1. (Continued)

Code	Site	Location	Cultural attribution	Date (BP)	Date (cal. BC)	NISP SC	NISP SD	NISP sp	n SC	n SD	n sp	Ref.
27	Fuente Flores	Valencia	Late Neolithic	4090 ± 40	2776–2562	9	53	–	5	12	–	Cabanilles (1988) and Cabanilles and Martínez (1988)
28	Ereta del Pedregal	Valencia	Chalcolithic	3930 ± 250	3098–1742	3	151	–	1	–	–	Pérez Ripoll (1990)
29	Las Pozas	Zamora	Chalcolithic	4425 ± 30	3117–2924	2	104	–	2	–	–	Morales (1992)
30	Los Millares	Almeria	Chalcolithic	4380 ± 100	3363–2866	36	–	–	5	28	–	Peters and Driesch (1990)
31	Jovades	Alicante	Chalcolithic	4810 ± 60	3706–3500	2	654	2	–	49	–	Martinez (1993)
32	Valencina de la Concepción	Sevilla	Chalcolithic	4135 ± 45	2864–2627	–	–	–	40	24	–	Hain (1982) and Nocete-Calvo et al. (2008)
33	Sao Pedro	Redondo	Chalcolithic	3940 ± 45	2570–2296	–	–	256	–	–	94	Davis and Mataloto (2012)
34	Acinipo	Málaga	Bronze Age	2770 ± 90	1160–790	–	408	–	–	18	–	Riquelme (1990) and Carrilero (1992)
35	Castro de Berbeia	Álava	Bronze Age	760 ± 80	1327–1120	5	232	–	3	–	–	Altuna (1978, 1980)
36	Cuesta del Negro	Granada	Bronze Age	3180 ± 50	1561–1376	10	687	–	18	27	–	Driesch (1979)
37	Azuer	Ciudad Real	Bronze Age	3541 ± 30	1956–1766	6	187	–	–	14	–	Driesch and Boessneck (1980) and Nájera et al. (2010)
38	Cabezo Redondo	Alicante	Bronze Age	3550 ± 55	1890–1540	20	150	–	4	22	–	Driesch and Boessneck (1969) and Hernández Pérez (2009)
39	Cerro de la Encina	Granada	Bronze Age	3590 ± 40	2039–1874	30	1006	–	38	34	–	Friesch (1987)
40	Lloma de Betxí	Valencia	Bronze Age	3565 ± 65	2050–1741	2	12	21	2	–	–	Sarrión (1994)
41	Castellón Alto	Granada	Bronze Age	3630 ± 50	2141–1882	5	485	–	–	6	–	Milz (1986)
42	Fuente Álamo	Almeria	Bronze Age	3635 ± 50	2141–1885	–	449	–	6	47	–	Driesch et al. (1985)
43	Can Roqueta	Barcelona	Bronze Age	3590 ± 85	2151–1737	1	7	–	–	25	–	Piña and Saña (2004)
44	Arenaza	Bizkaia	Bronze Age	3805 ± 70	2446–2116	5	114	–	8	–	–	Altuna (1980) and Altuna and Mariezkurrena (2008)
45	Pic dels Corbs	Valencia	Bronze Age	3010 ± 70	1427–1012	24	459	–	–	15	–	Barrachine and Sanchis (2008)
46	Los Husos	Álava	Bronze Age	3920 ± 100	2680–2132	8	10	–	2	–	–	Altuna (1980)
47	Cueva del Moro	Huesca	Bronze Age	3530 ± 70	1580–1480	550	107	–	11	16	–	Castaños (1991)
48	Loma de la Balunca	Granada	Bronze Age	3490 ± 50	1939–1689	–	161	–	–	4	–	Milz (1986)
49	Terrera del Reloj	Granada	Bronze Age	3440 ± 50	1859–1772	3	425	–	–	18	–	Milz (1986) and Mederos (1995)
50	Cerro de la Tortuga	Málaga	Bronze Age	–	–	1	107	–	–	4	–	Driesch (1973)
51	Cerro del Real	Granada	Bronze Age	–	1000–850	4	109	–	–	7	–	Driesch (1972)
52	Los Palacios	Guadalajara	Bronze Age	–	1960–1622	–	944	–	–	2	–	Driesch and Boessneck (1980)
53	Tabayà	Alicante	Bronze Age	3557 ± 26	2010–1777	30	–	–	–	3	–	Rizo (2009) and Hernandez and López (2010)

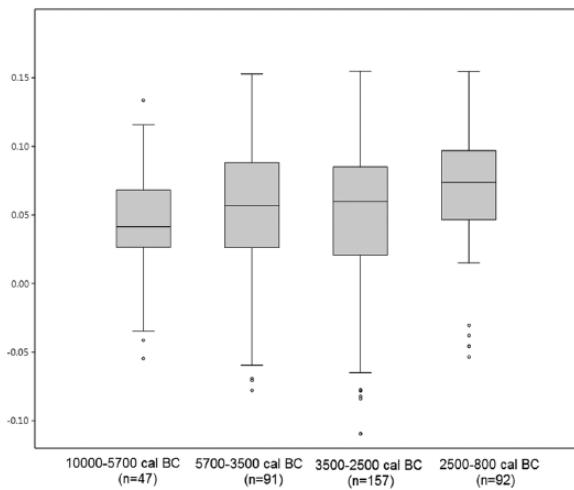
SC: *Sus scrofa*; SD: *Sus domesticus*; Sus sp.; n: number of measurements.

Mediterranean and northern regions, the size of the specimens increases between the early Neolithic and the Bronze Age. Kruskal–Wallis *p* values (Table 4) show that differences in the northern population between the Neolithic and Bronze Age are not significant.

Finally, as differences in the dynamics of growth and plastic modification in elements of the post-cranial skeleton and teeth can affect the size and form of the animal differentially, as a consequence of different nature of the pressures, the data have been itemised according to that criterion (Figure 4). The results show greater relative variability in the post-cranial elements, where the Neolithic populations display the minimum and maximum values. It should equally be noted that between the Epipalaeolithic and early Neolithic, the size of teeth decreases relatively, while the other skeletal elements display the inverse trend.

#### Variability in *Sus domesticus* in the Iberian Peninsula from 10,000 to 800 cal. BC

The number of measurements obtained for *Sus domesticus* in each time interval is larger than for *Sus scrofa*. The distribution of the log ratio values in box plot charts (Figure 5) indicates differential dynamics for the populations in each time interval. However, significant similarity is seen in the mean size of domestic pigs between 5700 and 2500 cal. BC. After this time, pig sizes tend to decrease, although with a greater degree of variability, similar to the situation in the early and middle Neolithic (Table 5). Kruskal–Wallis *p* values (Table 6) attest significant differences in the size of domestic pigs between the Neolithic–Chalcolithic and the Bronze Age. Specimens from the north and east of the peninsula have also been differentiated for *Sus domesticus* (Figure 6). In this case, differences in animal size in the two areas are not so great



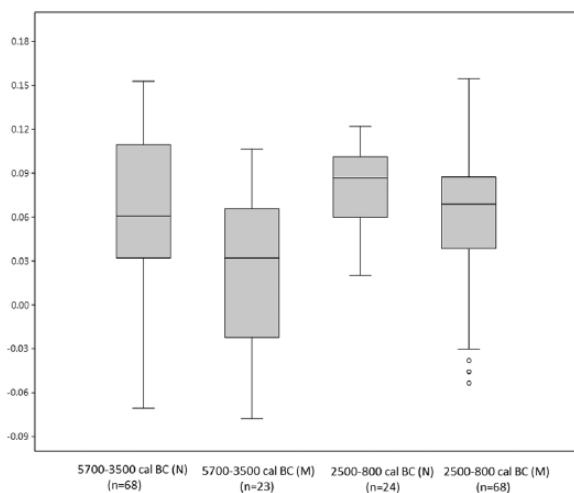
**Figure 2.** Box plot diagram with the *Sus scrofa* LSI values in chronological order.

**Table 2.** Descriptive statistical parameters for the osteometric data used in Figure 2.

Cal. BC	10,000–7500	5700–3500	3500–2500	2500–800
N	47	91	157	92
Min	-0.05	-0.08	-0.12	-0.05
Max	0.13	0.15	0.15	0.15
Mean	0.04	0.05	0.04	0.07
Standard deviation	0.04	0.05	0.06	0.04

**Table 3.** Kruskal–Wallis  $p$  values for the osteometric data from Figure 2.

Cal. BC	10,000–7500	5700–3500	3500–2500	2500–800
10,000–7500		0.159	0.1279	0.00021
5700–3500			0.7752	0.01747
3500–2500				0.00328
2500–800				



**Figure 3.** Box plot diagram with the *Sus scrofa* LSI values, differentiating between the north-east zone (N) and the Mediterranean area (M) for the Neolithic and Bronze Age.

**Table 4.** Kruskal–Wallis  $p$  values for the osteometric data from Figure 3.

Cal. BC		5700–3500		2500–800	
		N	M	N	M
5700–3500	N		0.00266	0.0606	0.7923
5700–3500	M			1.11E-05	0.00068
2500–800	N				0.02475
2500–800	M				

and are totally imperceptible during Bronze Age (Table 7). In all time intervals, greater variability is documented in the Mediterranean region. The distribution of the values according to skeletal element (Figure 7) displays great homogeneity in the measurements obtained for teeth and the post-cranial skeleton, although the post-cranial elements exhibit relatively higher means in all time periods (Table 8). However, Kruskal–Wallis  $p$  values (Table 9) reveal significant differences in the dynamics of bones and teeth in the various periods. The significant decrease in size documented after 2500 cal. BC affects both the post-cranial skeleton and teeth.

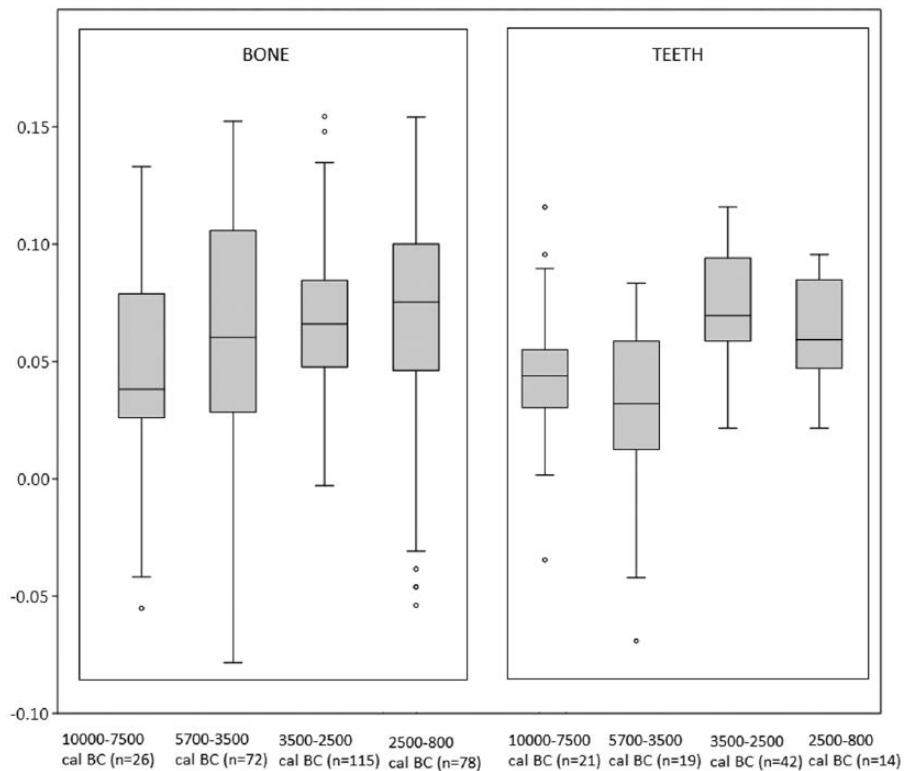
#### Integrated analysis of pig population in the Iberian Peninsula, 11,500–800 cal. BC

Following the analytical procedure applied individually for *Sus scrofa* and *Sus domesticus*, the log ratio values have been represented jointly according to time intervals in order to make comparisons (Figure 8a), also including the category *Sus* sp. for comparative purposes (Figure 8b). The chart shows a tendency towards a separation between the two populations, especially after 2500 cal. BC, when the distributions of values of wild and domestic populations barely overlap. The most homogeneous populations would be those between 3500 and 2500 cal. BC, for both *Sus scrofa* and *Sus domesticus*. In contrast, the greatest variability in wild animals is seen in Neolithic populations, and in the Bronze Age for domestic pigs. The specimens corresponding to the category *Sus* sp. (Figure 8b) occupy an intermediate position, with values that are relatively closer to the domestic population in both the Neolithic and Chalcolithic. Kruskal–Wallis  $p$  values display similarities between this population and the *Sus domesticus* population in the Neolithic ( $p = 0.1$ ) and Chalcolithic ( $p = 0.16$ ). The general pattern obtained in Figure 8a is also represented in the results obtained in the cluster analysis of Euclidean distances (Figure 9), differentiating the wild species and the domestic pig based on two groupings. In the case of *Sus scrofa*, as the Kruskal–Wallis  $p$  values indicated, the most significant turning point was in the Chalcolithic. For *Sus domesticus*, the dynamic follows the same trend, with animal sizes relatively more similar between 7500 and 2500 cal. BC than in the Bronze Age.

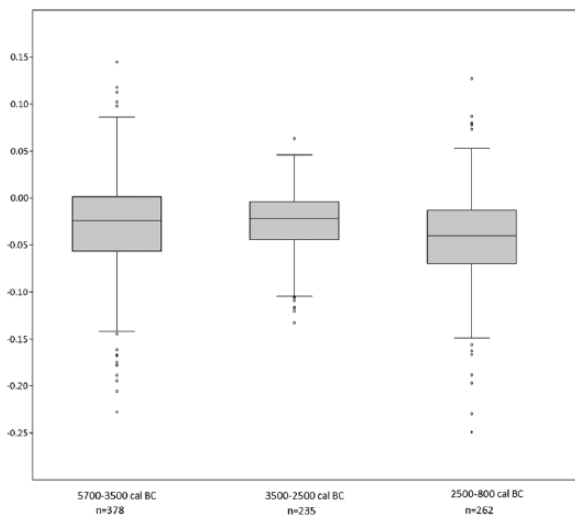
## Discussion

The size variability of pig populations in prehistory reflects the different selective pressures they were subjected to, either environmental or social. The documentation of different dynamics for *Sus scrofa* and *Sus domesticus* during the period studied here clearly demonstrates this. Whereas in the Holocene wild populations tended to increase in size, domestic populations decreased and the maximum difference between the two was reached after 2500 cal. BC.

The increase in size of *Sus scrofa* in the Holocene has been documented in other parts of Europe (Albarella et al., 2006a,



**Figure 4.** Box plot diagram with the *Sus scrofa* LSI values, differentiating between the values obtained for post-cranial skeletal elements (B) and teeth (T) in chronological order.



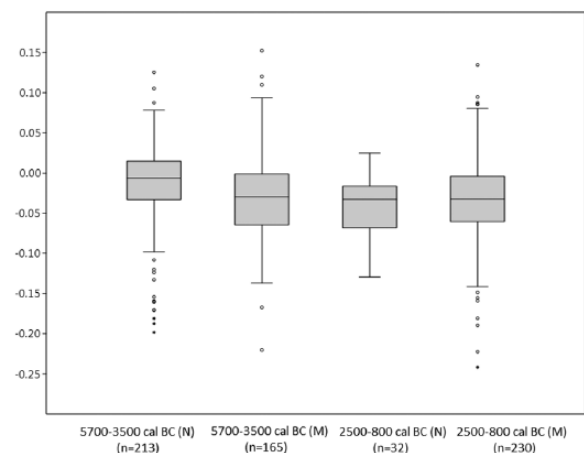
**Figure 5.** Box plot diagram with the *Sus domesticus* LSI values in chronological order.

**Table 5.** Descriptive statistical parameters for the osteometric data used in Figure 5.

Cal. BC	5700–3500	3500–2500	2500–800
N	378	235	262
Min	-0.22	-0.13	-0.24
Max	0.15	0.07	0.13
Mean	-0.02	-0.02	-0.04
Standard deviation	0.05	0.03	0.05

**Table 6.** Kruskal–Wallis p values for the osteometric data from Figure 5.

Cal. BC	5700–3500	3500–2500	2500–800
5700–3500		0.4986	2.02E–05
3500–2500			4.93E–07
2500–800			



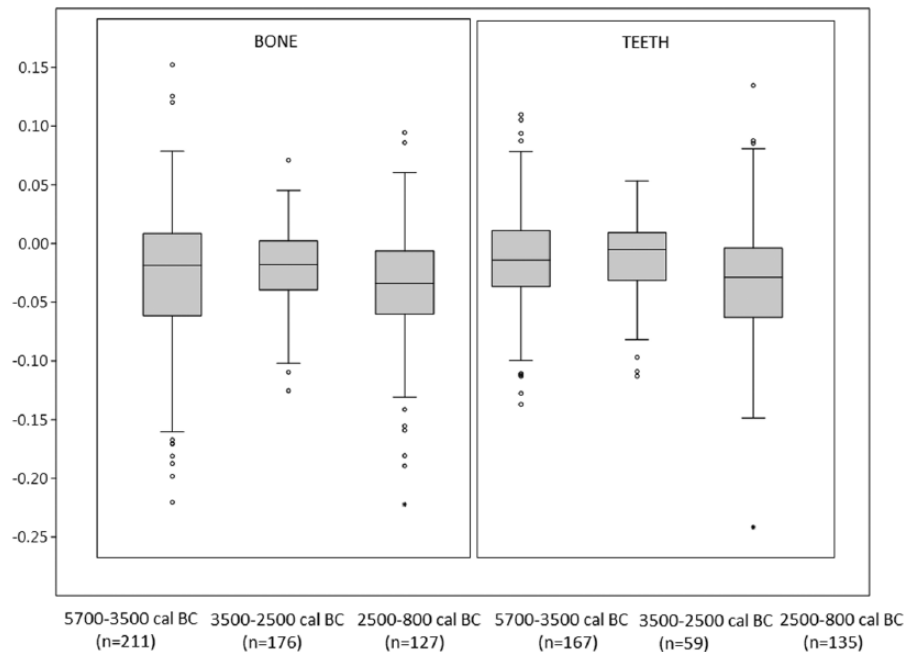
**Figure 6.** Box plot diagram with the *Sus domesticus* LSI values, differentiating between the north-east zone (N) and the Mediterranean area (M) for the Neolithic and Bronze Age.

2006c; Rowley-Conwy, 1995), and particularly in Portugal during the Chalcolithic (Albarella et al., 2005; Davis and Mataloto,

2012). Several reasons have been put forward for this, such as the temperature and climate, and relaxation in selective pressure on this species related to hunting activity (Albarella et al., 2005, 2006b; Davis and Detry, 2013; Davis and Mataloto, 2012). According to these authors, the greater pressure exercised on the species in the Mesolithic would be a consequence of demographic

**Table 7.** Kruskal–Wallis  $p$  values for the osteometric data from Figure 6.

		5700–3500 cal. BC		2500–800 cal. BC	
		N	M	N	M
5700–3500 cal. BC	N		2.89E-07	9.87E-05	1.44E-09
5700–3500 cal. BC	M			0.5948	0.969
2500–800 cal. BC	N				0.5787
2500–800 cal. BC	M				

**Figure 7.** Box plot diagram with the *Sus domesticus* LSI values, differentiating between the values obtained for post-cranial skeletal elements (B) and teeth (T) in chronological order.**Table 8.** Descriptive statistical parameters for the osteometric data used in Figure 6.

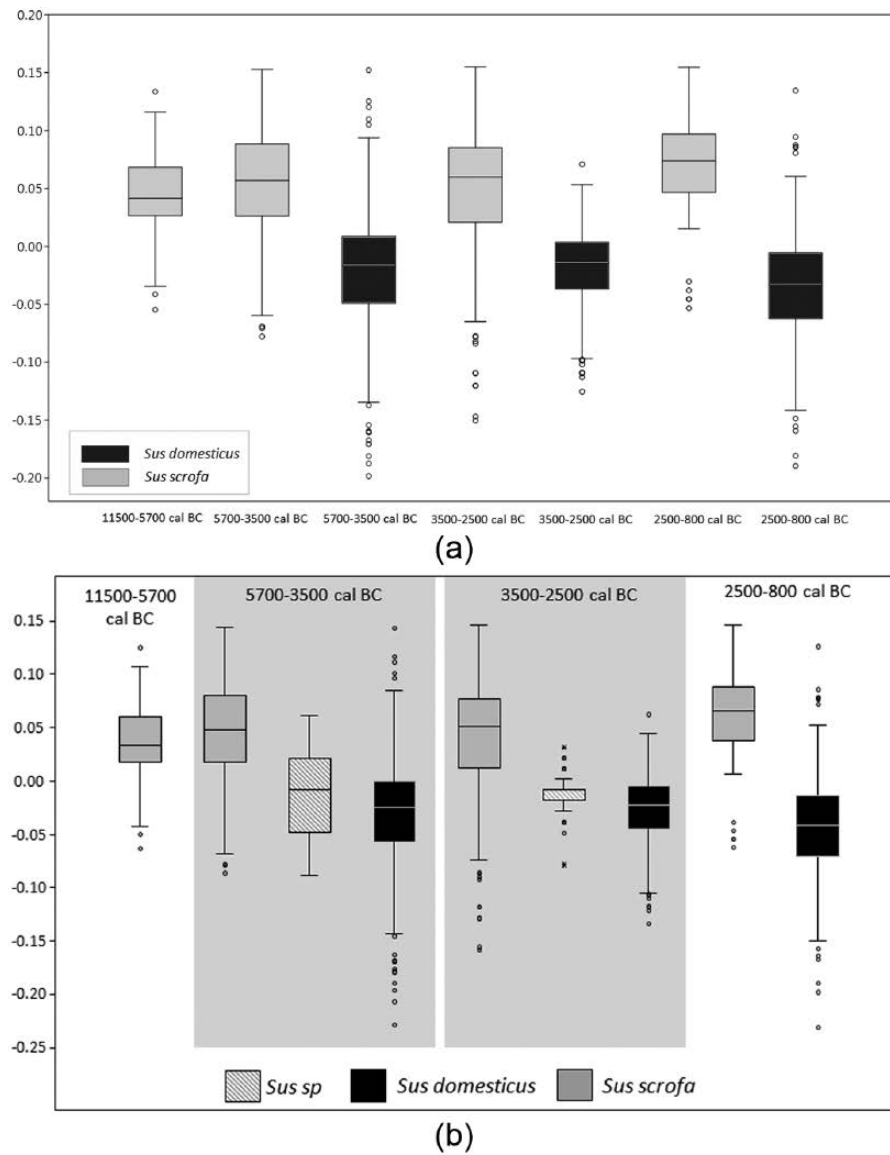
Cal. BC	5700–3500	3500–2500	2500–800	5700–3500	3500–2500	2500–800
	BN	BN	BN	TH	TH	TH
N	211	176	127	167	59	135
Min	-0.22	-0.13	-0.22	-0.14	-0.11	-0.24
Max	0.15	0.07	0.09	0.11	0.05	0.13
Mean	-0.03	-0.02	-0.04	-0.01	-0.01	-0.03
Standard deviation	0.059097	0.033733	0.050262	0.041463	0.036863	0.047359

**Table 9.** Kruskal–Wallis  $p$  values for the osteometric data from Figure 7.

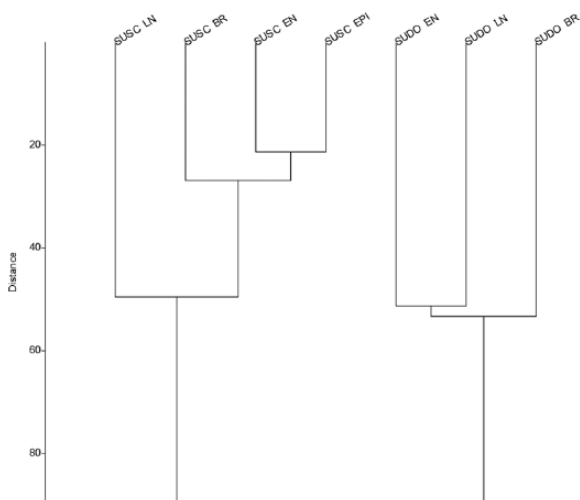
Cal. BC	5700–3500	3500–2500	2500–800	5700–3500	3500–2500	2500–800
	BN	BN	BN	TH	TH	TH
5700–3500	BN	0.3157	0.02802	3.46E-02	0.03785	0.07561
3500–2500	BN		0.000171	2.37E-01	0.05731	0.001396
2500–800	BN			7.96E-06	5.18E-05	0.656
5700–3500	TH				0.4481	5.20E-05
3500–2500	TH					0.000258
2500–800	TH					

growth, and later the stress caused by the intensive hunting of the species decreased because of the availability of domestic animals, from which most of the necessary proteins would be obtained.

The inverse correlation between climate and size has been attested by a number of authors in the case of pig (Davis, 1981; Davis and Simões, 2016; Magnell, 2004; Mayer et al., 1998; Rosell et al.,



**Figure 8.** (a) Box plot diagram comparing the *Sus scrofa* and *Sus domesticus* LSI values in chronological order. (b) Comparison of the variability of the category of *Sus sp.* in relation to *Sus scrofa* and *Sus domesticus*.



**Figure 9.** Cluster diagram with the distances between the LSI values according to species and chronology (SUDO: *Sus domesticus*; SUSC: *Sus scrofa*).

2001; Rowley-Conwy et al., 2012). This is also evidenced in this study on a small scale by comparing the samples from northern

Iberia with those from the Mediterranean area. The mean size in the latter area is slightly smaller, especially for the older wild boar populations (Epipalaeolithic/Mesolithic). The difference decreases from 2500 to 800 cal. BC, possibly as a result of the species adapting to the anthropic environment.

The greater relative variability in both *Sus scrofa* and *Sus domesticus* populations in 5700–3500 cal. BC coincides with the initial domestication or adoption of the species in the Iberian Peninsula. The greater difficulty in discerning between the remains of the two species is a factor that may have influenced this result. Aspects derived from the different forms of domestication or integration of the domestic species in subsistence strategies of the last hunter-gatherers and first Neolithic communities should also be considered. The exhaustive analysis of the data on the management of pigs in Iberia in the early Neolithic indicates that different forms of husbandry were practised (Saña, 2013). At the same time, as hunting *Sus scrofa* intensified at some Neolithic cave sites in the north, such as Zatoya (5743–4590 cal. BC) and Marizulo (5214–4718 cal. BC), in other areas intensification in pig farming has been documented. One of the clearest examples is the open air settlement of La Draga (5200–4720 cal. BC) in north-east Iberia, where a pattern of the selective slaughtering of males at the time of their meat optimum, in order to maximise meat production, has been recorded (Saña, 2011, 2015). This practice

has also been proposed, based on demographic patterns, at the Neolithic site of Cueva de Chaves in Aragon (5740–5490 cal. BC; Castaños, 2004). While at La Draga biometry has proven the presence of two groups of different sizes, one of them coinciding with a domestic population (Saña, 2011), the size of the pigs at the early Neolithic site of Cueva de Chaves is relatively larger, similar to a wild population, and according to Castaños (2004), it may represent an example of mixed breeding.

Several factors may have contributed to this greater variability. During the initial phases of domestication and husbandry, crossing domestic animals with wild specimens may have been common, whether intentional or not. Ethnographic studies have described extensive strategies in pig farming, and such strategies favour cross-breeding (Albarella et al., 2006a; Marshall et al., 2014). Palaeogenomic studies on this species (Larson and Burger, 2013) stress that in the different stages of domestication, phenomena of admixture and introgression would be common. As genome data are available for more animal species, cross-breeding is seen to have been a common phenomenon (Orozco-Terwengel and Bruford, 2014). The greater degree of relative variability seen in *Sus scrofa* between 7500 and 3500 cal. BC compared with older (11,500–5700 cal. BC) and more recent chronologies (3500–800 cal. BC) may also be indicative of this situation, as the phenotype variability increased as a consequence of hybridisation (Šprem et al., 2011). An increasing number of studies have shown that after domestication, pigs can again acquire the characteristics of the wild population through the phenomenon of feralisation (Giuffra et al., 2000). Although it is now possible to follow and identify these situations with geometric morphometrics and palaeogenetics (Evin et al., 2015), in the present case, biometry is able to approach the matter only in terms of variability. In this respect, considering the variability and overlapping seen in the early Neolithic, the potential contribution of Iberian *Sus scrofa* populations to the formation of domestic herds cannot be ignored.

Other factors often cited in relation to the decrease in size of specimens during the initial phases of domestication include changes in mobility patterns due to constraints on movement (Lasota-Moskalewska et al., 1987) and a poorer diet and increase in stressful situations (Davis and Detry, 2013; Dobney and Ervynck, 2000). These situations would all arise with more frequent direct contact between pigs and human settlements. Archaeological data are unable to determine the number of animals in the first domestic herds. The practice of strategies based on semi-freedom would favour mixing or contact with wild animals, and cross-breeding between animals with a different status would be common (Bartosiewicz et al., 2006; Nakai, 2012), which would result in transitional phenotypes (Benecke, 1994). Several scholars agree that the systematic practice of breeding in confinement compared with a more extensive management would not have become established until the Middle Ages (Albarella et al., 2009; Ervynck et al., 2007; Thomas et al., 2013). Given the wide ecological adaptability of *Sus scrofa* (Scandura et al., 2008), if animals approached or entered settlements, they would have added farming sub-products or the waste of human consumption to their diet (Fraser et al., 2013). Results of carbon and nitrogen isotope studies reveal significant changes in the diet of pigs between the Neolithic and Iron Age (Hamilton et al., 2009), and a trend towards greater diversification has also been noted between the Neolithic and the Bronze Age (Madgwick et al., 2012). The seasonal amount and availability of food are key variables directly affecting the rates of growth and reproduction of animals (Fernandez-Llario and Mateos-Quesada, 1998; Halstead and Isaakidou, 2011). In this way, the gradual decrease in size of *Sus domesticus* from the Neolithic would be the result of increasingly constant selective pressure to which the species was subjected through a direct control over its feeding, raising and reproduction by human communities.

This decrease becomes more evident after 2500 cal. BC. As can be seen in Figure 8, the difference between the sizes of *Sus scrofa* and *Sus domesticus* in the Iberian Peninsula increases after 3500 cal. BC at the same time as the degree of variability in *Sus domesticus* populations decreases. In some Bronze Age settlements, such as Fuente Álamo and Cerro de la Encina, the difference between the wild and domestic forms is particularly clear (Driesch, 1987; Driesch et al., 1985). Once domesticated and subjected to conditions of artificial husbandry, the possibilities of genetic isolation between the wild and domestic populations are greater (Rowley-Conwy et al., 2012). In this context, the relatively more direct selection by Neolithic communities of animals for consumption and reproduction would have contributed in the medium or long term towards modifying the natural demographic patterns of the species. Control over reproduction patterns would undoubtedly have been a key variable, favouring significant changes in the growth rate and sexual maturity of the species. The trend for *Sus domesticus* seen in the box plot diagrams suggests that these selective pressures would have been increasingly intense. However, they probably occurred at different rates and in different ways depending on the means and needs of each prehistoric community. They are therefore not linear and were not the same in the whole of the Iberian Peninsula.

This differential dynamics in the management of domestic pigs, with unequal degrees of intensity and different directions of selective pressure, would probably have contributed to increasing variability in the species, as the results for the Bronze Age have shown. It should be noted that the relative homogeneity documented in *Sus domesticus* samples between 3500 and 2500 cal. BC may be conditioned by the small number of sites with remains that have been studied corresponding to this period. However, the trend towards a decrease in size is confirmed later, in the Bronze Age, with a mean of  $-0.04$  compared with  $-0.02$  in the preceding time interval. In this way, the control exercised on domestic populations led to a relaxation in the mechanisms of natural selection. This may explain the differential dynamic seen in sizes of wild boar and domestic pig in the north compared with the Mediterranean area, while the difference is practically imperceptible for domestic pigs in 2500–800 cal. BC. Differences in the mechanisms of selection are also observed in the individualised study, when possible, of dental remains and the post-cranial skeletal elements. Greater homogeneity is attested in the case of domestic populations. Studies of more recent samples, dated in the Roman, medieval and modern periods, show that after the Roman age, pig sizes vary significantly, with a large relative decrease in size in the Middle Ages and an increase in the modern age. This increase is attributed, in both the modern and Roman periods, to the application of zootechnical improvements (Grau-Sologestoa, 2015).

## Conclusion

The study of animal domestication processes through analytical procedures based on biometry reveals the difficulty in explaining the diversity of situations and interactions that may have occurred between human communities and pig populations in the early- and mid-Holocene. It is clearly necessary to examine the domestication phenomenon through large conceptual categories that are not based exclusively on the wild/domestic dichotomy (Evin et al., 2015; Rowley-Conwy et al., 2012; Saña, 1999; Vigne, 2015; Zeder, 2012). Biometric analysis of the archaeological remains of *Sus scrofa* and *Sus domesticus* recovered at Iberian sites dated from 10,000 to 800 cal. BC shows that it was precisely during the early Neolithic (5700–3500 cal. BC) when the archaeological representation of pig management strategies displayed greatest variability. This should be associated with the economic and social changes derived from the adoption of livestock farming, which emphasised anthropic pressures in comparison with

ecological ones. The different trajectories documented in the changes in size of *Sus scrofa* and *Sus domesticus* indicate that the adoption of pig farming was a relatively rapid process. The great capacity of adaptation of this species undoubtedly helped its breeding in artificial conditions, and it soon became a basic component in farming strategies. Specialisation in the hunting of *Sus scrofa* by the last hunter-gatherer societies shows that they were fully aware of its requirements in the early-Holocene and that it was an important part of their diet. Indeed, farming and hunting were not mutually exclusive but complementary activities in the Neolithic. Unlike other animals, such as goats, sheep and cattle, pigs were kept exclusively for raw materials and meat. The control of meat supplies was probably a direct cause for them being raised in artificial conditions to ensure their reproduction. From that time on, as seen in the changes in the size of the animals, domestic and wild populations followed different paths that did, however, occasionally converge. As it is a species with relatively fast gestation cycles and growth rates (Rosell et al., 2001), the differentiation from the wild population would also be more rapid than in the case of larger mammals. The differences evidenced in teeth size compared with post-cranial skeletal elements also point to the existence of flow between populations, either by direct dislocations or influenced by human action. Additionally, environmental and climate changes in the Mediterranean area at the end of the middle-Holocene (Zanchetta et al., 2016) may have conditioned new adaptations, particularly in the wild population.

Therefore, multiple and diverse variables converged during the initial domestication and adoption of pigs by the first farming communities. It has been shown that *Sus scrofa* and *Sus domesticus* responded to the various factors in different ways, which will doubtlessly facilitate the study of the dynamic and management of pigs in recent prehistory through the analysis of archaeological faunal remains.

### Acknowledgements

The authors thank the reviewers and the Editor, whose comments greatly improved the original manuscript.

### Funding

This work was developed in the frame of the project HAR2014-60081-R (Producción animal y cerámica en el neolítico peninsular. Estudio biogeoquímico integrado del consumo y las practicas culinarias) funded by Ministerio de Economía y Competitividad, Spain.

### References

- Albarella U and Payne S (2005) Neolithic pigs from Durrington Walls, Wiltshire, England: A biometrical database. *Journal of Archaeological Science* 32: 589–599.
- Albarella U and Trentacoste A (2011) *EthnoZooArchaeology: The Present and Past of Human–Animal Relationships*. Oxford: Oxbow Books.
- Albarella U, Dobney K and Rowley-Conwy P (2006a) The domestication of the pig (*Sus scrofa*): New challenges and approaches. In: Zeder MA, Bradley DG, Emshwiller E et al. (eds) *Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms*. Berkeley, CA: University of California Press, pp. 209–227.
- Albarella U, Dobney K and 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: 103–136.
- Albarella U, Davis SJM, Detry C et al. (2005) Pigs of the ‘Far West’: The biometry of *Sus* from archaeological sites in Portugal. *Anthropozoologica* 40: 27–54.
- Albarella U, Manconi F, Rowley-Conwy P et al. (2006b) Pigs of Corsica and Sardinia: A biometrical re-evaluation of their status and history. In: Tecchiati U and Sala B (eds) *Archaeozoological Studies in Honour of Alfredo Riedel*. Bolzano: Province of Bolzano, pp. 285–302.
- Albarella U, Tagliacozzo A, Dobney K et al. (2006c) Pig hunting and husbandry in prehistoric Italy: A contribution to the domestication debate. *Proceedings of the Prehistoric Society* 72: 193–227.
- Altuna J (1972) Fauna de Mamíferos de los yacimientos prehistóricos de Guipúzcoa. Con catálogo de los mamíferos cuaternarios del Cantábrico y del Pirineo Occidental. *Munibe* 24(1–4): 1–464.
- Altuna J (1978) Restos óseos del Castro de Berbeia (Barrio, Álava). *Estudios de Arqueología Alavesa* 9: 225–244.
- Altuna J (1980) *Historia de la domesticación animal en el País Vasco desde sus orígenes hasta la romanización*. San Sebastián: Sociedad de Ciencias Aranzadi.
- Altuna J and Mariezkurrena M (2001) La cabaña ganadera del yacimiento de La Renke (Álava, País Vasco). *Munibe* 53: 75–86.
- Altuna J and Mariezkurrena K (2008) Restos de alimentación de origen animal de los pobladores de la cueva de Arenaza I (País Vasco) durante la Edad del Bronce. *Veleia* 24–25: 843–877.
- Altuna J and Mariezkurrena K (2011) Diferenciación biométrica de *Sus scrofa* y *Sus domesticus* en yacimientos arqueológicos del norte de la Península Ibérica. *Kobie* 30: 5–22.
- Alvarez-Fernandez E and Altuna J (2013) La cueva de Marizulo (Urnieta, Gipuzkoa), 50 años después: Revisión de los restos arqueozoológicos de los niveles mesolíticos. *Kobie* 32: 131–152.
- Asquerino MD and López P (1981) La cueva del Nacimiento (Pontones): Un yacimiento neolítico en la Sierra del Segura. *Trabajos de Prehistoria* 38: 109–152.
- Balasse M, Evin A, Tornero C et al. (2016) Wild, domestic and feral? Investigating the status of suids in the Romanian Gumelnița (5th mil. cal BC) with biogeochemistry and geometric morphometrics. *Journal of Anthropological Archaeology* 42: 27–36.
- Baldwin BA (1979) Operant studies on the behaviour of pigs and sheep in relation to the physical environment. *Journal of Animal Science* 49: 1125–1134.
- Barandiarán I (1982) Datación por el C14 de la cueva de Zatoya. *Trabajos de Arqueología Navarra* 3: 43–57.
- Barrachina A and Sanchis A (2008) Valoración diacrónica de un modelo económico de la edad del bronce: La fauna del poblado de Pic dels Corbs, Sagunt (Valencia). *Quaderns de Prehistòria i Arqueologia de Castelló* 26: 43–94.
- Bartosiewicz L, Boroneanț V, Bonsall C et al. (2006) Size ranges of prehistoric cattle and pig at Schela Cladovei (Iron Gates region, Romania). *Analele Banatului* 14(1): 23–42.
- Benecke N (1994) *Der Mensch und seine Haustiere. Die Geschichte einer jahrtausendealten Beziehung*. PhD Thesis. Stuttgart: Theiss.
- Bernabeu J (1993) El III milenio a.C. en el País Valenciano. Los poblados de Jovades (Cocentaina, Alacant) y Arenal de la Costa (Ontinyent, València). *Saguntum* 26: 9–180.
- Boessneck J (1969) Restos óseos de animales del Cerro de la Virgen, Orce y del Cerro del Real, Galera, Granada. *Noticiario arqueológico hispánico* 10–12: 172–189.
- Boessneck J and Driesch A (1980) Tierknochenfunde aus vier Südspanischen Höhlen. *Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 4: 1–83.
- Cabanilles J and Martínez R (1988) Fuente Flores (Requena, Valencia). Nuevos datos sobre el poblamiento y la economía



- del Neo-Eneolítico valenciano. *Archivo de Prehistoria Levantina* XVIII: 181–231.
- Carrilero M (1992) *El proceso de transformación de las sociedades indígenas de la periferia tartésica. La colonización fenicia en el sur de la Península Ibérica. 100 años de investigación*. Granada: Instituto de Estudios Almerienses.
- Castaños P (1984) Estudio de los restos óseos de la Cueva de Espluga de la Puyascada (Huesca). *Bolskan* 4: 43–56.
- Castaños P (1991) Estudio de los restos faunísticos de La Cueva Del Moro (Olvena-Huesca). *Bolskan* 8: 79–107.
- Castaños P (2001) Estudio arqueozoológico de la fauna del Yacimiento de Cubío Redondo (Matienzo, Cantabria). *Munibe* 53: 71–74.
- Castaños P (2004) Estudio arqueozoológico de los macromamíferos del neolítico de la cueva de Chaves (Huesca). *Saldvie* 4: 125–171.
- Castaños P (2006) Estudio arqueozoológico de la fauna de Mendandía (Sáseta, Treviño). In: Alday A (ed.) *El legado arqueológico de Mendandía: los modos de vida de los últimos cazadores-recolectores en la prehistoria de Treviño. Arqueología en Castilla y León Memorias 15*. Castilla y León: Junta de Castilla y León, pp. 435–456.
- Colominas L, Lladó E, Saña M et al. (2008) La gestió dels recursos animals durant les ocupacions de l'assentament de la caserna de Sant Pau. *Quarhis* 4: 55–61.
- Davis S (1981) The effects of temperature change and domestication on the body size of late Pleistocene to Holocene mammals of Israel. *Paleobiology* 7: 101–114.
- Davis S and Detry C (2013) Crise no Mesolítico: Evidências zooarqueológicas. In: Arnaud J, Martins M and Neves C (eds) *Arqueologia em Portugal-150 Anos*. Lisboa: Associação dos Arqueólogos Portugueses, pp. 297–309.
- Davis S and Mataloto R (2012) Animal remains from Chalcolithic Sao Pedro (Redondo, Alentejo): Evidence for a crisis in the Mesolithic. *Revista Portuguesa de Arqueologia* 15: 47–85.
- Davis S and Simões T (2016) The velocity of Ovis in prehistoric times: The sheep bones from early Neolithic Lameiras, Sintra, Portugal. *Monografias AAP* 2: 51–66.
- Dobney K and Ervynck A (2000) Interpreting developmental stress in archaeological pigs: The chronology of linear enamel hypoplasia. *Journal of Archaeological Science* 27: 597–607.
- Driesch A (1972) Osteoarchäologische Untersuchungen auf der Iberischen Halbinsel. *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 3: 128–129.
- Driesch A (1973) Nahrungsreste tierischer Herkunft aus einer tartessischen und einer spätbronzezeitlichen bis iberischen Siedlung in Südspanien. *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 4: 9–31.
- Driesch A (1976) *A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites* (Peabody Museum Bulletin 1). Cambridge, MA: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology.
- Driesch A (1979) Die tierischen Beigaben in den Gräben der Siedlung Cuesta del Negro bei Purullena, Granada. *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 6: 112–117.
- Driesch A and Boessneck J (1969) Die fauna des 'Cabezo Redondo' bei Villena (prov. Alicante). *Studien über frühe Tierknochenfunde der Iberischen Halbinsel* 1: 43–90.
- Driesch A and Boessneck J (1976) Die Fauna vom Castro do Zambujal. *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 5: 4–129.
- Driesch A and Boessneck J (1980) Die Motillas von Azuer und Los Palacios (Prov. Ciudad Real). *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 7: 84–121.
- Driesch A, Boessneck J, KokabIM et al. (1985) Tierknochenfunde aus der Bronzezeitlichen Höhensiedlung Fuente Álamo, Provinz Almería. *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 9: 1–75.
- Dwyer PD (1996) Boars, barrows and breeders: The reproductive status of domestic pig populations in mainland New Guinea. *Journal of Anthropological Research* 52(4): 481–500.
- Ervynck A, Lentacker A, Müldner G et al. (2007) An investigation into the transition from forest dwelling pigs to farm animals in medieval Flanders, Belgium. In: Albarella U, Dobney K, Ervynck A et al. (eds) *Pigs and Humans: 10,000 Years of Interaction*. Oxford: Oxford University Press, pp. 171–193.
- Evin A, Cucchi T, Escarguel G et al. (2014) Using traditional biometrical data to distinguish West Palearctic wild boar and domestic pigs in the archaeological record: New methods and standards. *Journal Archaeological Science* 43: 1–8.
- Evin A, Dobney K, Schafberg R et al. (2015) Phenotype and animal domestication: A study of dental variation between domestic, wild, captive, hybrid and insular *Sus scrofa*. *BMC Evolutionary Biology* 15(1): 1.
- Fernández-Llario P and Mateos-Quesada P (1998) Body size and reproductive parameters in the wild boar *Sus scrofa*. *Acta Theriologica* 43: 439–444.
- Fraser R, Bogaard Schäfe M, Arbogast R et al. (2013) Integrating botanical, faunal and human stable carbon and nitrogen isotope values to reconstruct land use and palaeodiet at LBK Vaihingen an der Enz, Baden-Württemberg. *World Archaeology* 45(3): 492–517.
- Friesch K (1987) Die Tierknochenfunde von Cerro de la Encina bei Monachil, Provinz Granada, (Grabungen 1977–1984). *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 11.
- Giuffra E, Kijas JMH, Amarger V et al. (2000) The origin of the domestic pig: Independent domestication and subsequent introgression. *Genetics* 154(4): 1785–1791.
- González Morales MR (1995) Memoria de los trabajos de limpieza y toma de muestras en los yacimientos de las Cuevas de Mazaculos y El Espinoso La Franca, Ribadedeva y La Llana (Andrín, Llanes) en 1993. *Excavaciones Arqueológicas en Asturias* 1991–94(3): 65–78.
- González Morales MR (2000) La Prehistoria de las Marismas: Excavaciones en la Cueva de la Fragua (Santoña). Campañas de 1990, 1991, 1993, 1994 y 1996. In: Ontañón R (ed.) *Actuaciones Arqueológicas en Cantabria 1984–1999*. Santander: Consejería de Cultura y Deporte, pp. 93–96.
- Grau-Sologestoa I (2015) Livestock management in Spain from Roman to post-medieval times: A biometrical analysis of cattle, sheep/goat and pig. *Journal of Archaeological Science* 54: 123–134.
- Hadjikoumis A (2010) *The origins and evolution of pig domestication in prehistoric Spain*. PhD Thesis, Department of Archaeology, University of Sheffield, Sheffield.
- Hadjikoumis A (2012) Traditional pig herding practices in southwest Iberia: Questions of scale and zooarchaeological implications. *Journal of Anthropological Archaeology* 31(3): 353–364.
- Hain FH (1982) *Kupferzeitliche Tierknochenfunde aus Valencina de la Concepción/Sevilla* (Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel 8). Munich: UNI-Druck.
- Halstead P and Isaakidou V (2011) A pig fed by hand is worth two in the bush: Ethnoarchaeology of pig husbandry in Greece and its archaeological implications. In: Albarella U and Trentacoste A (eds) *Ethnozooarchaeology: The Present and Past of Human-Animal Relationships*. Oxford: Oxbow, pp. 160–174.
- Hamilton J, Hedges R and Robinson M (2009) Rooting for pig-fruit: Pig feeding in Neolithic and Iron Age Britain compared. *Antiquity* 83: 998–1011.

- Hammer Ø, Harper D and Ryan P (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaentologia Electronica* 4(1): 9.
- Hernández Pérez MS (2009) Tiempos de cambio. El final del Argar en Alicante. In: Hernández MS, López J and Soler B (eds) *En los confines del Argar. Una cultura de la Edad del Bronce en Alicante*. Alicante: Museo Arqueológico de Alicante, pp. 292–305.
- Hernández Pérez MS and López J (2010) La muerte en el Argar alicantino. El Tabaià como paradigma. In: Pérez A and Soler B (eds) *Restos de Vida, restos de muerte. La muerte en la Prehistoria*. Valencia: Diputación Provincial de Valencia, pp. 221–228.
- Jordá JF and Aura JE (2008) 40 fechas para una cueva. Revisión crítica de 70 dataciones 14C del Pleistoceno superior y Holoceno de la Cueva de Nerja (Málaga, Andalucía, España). *Espacio, Tiempo y Forma (I)* 1: 239–256.
- Krause-Kyora B, Makarewicz C, Evin A et al. (2013) Use of domesticated pigs by Mesolithic hunter-gatherers in north-western Europe. *Nature Communications* 4: 1–7.
- Larson G and Burger J (2013) A population genetics view of animal domestication. *Trends in Genetics* 29(4): 197–205.
- Larson G, Dobney K, Albarella U et al. (2005) Worldwide phylogeography of wild boar reveals multiple centers of pig domestication. *Science* 307(5715): 1618–1621.
- Lasota-Moskalewska A, Kobryń H and Świeżyński K (1987) Changes in the size of the domestic and wild pig in the territory of Poland from the Neolithic to the Middle Ages. *Acta Theriologica* 32(5): 51–81.
- Madgwick R, Mulville J and Stevens RE (2012) Diversity in foddering strategy and herd management in late Bronze Age Britain: An isotopic investigation of pigs and other fauna from two midden sites. *Environmental Archaeology* 17(2): 126–140.
- Magnell O (2004) The body size of wild boar during the Mesolithic in southern Scandinavia. *Acta Theriologica* 49(1): 113–130.
- Mariezkurrena K and Altuna J (1989) Análisis arqueozoológico de los macromamíferos del yacimiento de Zatoya. *Trabajos de arqueología Navarra* 8: 237–266.
- Mariezkurrena K and Altuna J (1995) Fauna de mamíferos del yacimiento costero de Herriko Barra (Zarautz, País Vasco). *Munibe* 47: 23–32.
- Marin-Arroyo AB (2004) Análisis arqueozoológico, tafonómico y de distribución espacial de la fauna de mamíferos de la Cueva de la Fragua (Santoña, Cantabria). *Munibe* 56: 19–44.
- Marin-Arroyo AB and Morales M (2009) Comportamiento económico de los últimos cazadores-recolectores y primeras evidencias de domesticación en el occidente de Asturias. La Cueva de Mazaculos II. *Trabajos de Prehistoria* 66(1): 47–74.
- Marshall FB, Dobney K, Denham T et al. (2014) Evaluating the roles of directed breeding and gene flow in animal domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(17): 6153–6158.
- Martínez R (1993) La fauna de vertebrados. *Saguntum* 26: 123–152.
- Mayer JJ, Novak JM and Brisbin IL (1998) Evaluation of molar size as a basis for distinguishing wild boar from domestic swine: Employing the present to decipher the past. In: Nelson SM (ed.) *Ancestors for the Pigs: Pigs in Prehistory*. Philadelphia, PA: MASCA (Research Papers in Science and Archaeology 15), pp. 39–54.
- Meadow R (1999) The use of size index scaling techniques for research on Archaeozoological collections from the Middle East. In: Becker C, Manhart H, Peters J et al. (eds) *Historia Animalia Ex Ossibus. Festschrift für Angela von den Driesch*. Rahden/Westf: Verlag Marie Leidorf GmbH, pp. 285–306.
- Mederos A (1995) La cronología absoluta de la prehistoria reciente del sureste de la Península Ibérica. *Pyrenae* 26: 53–90.
- Milz H (1986) *Die Tierknochenfunde aus drei argarzeitlichen Siedlungen in der Provinz Granada (Spanien)*. *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel*, vol. 10. Munich: UNI-Druck.
- Morales A (1992) Estudio de la fauna del yacimiento calcolítico de ‘Las Pozas’ (Casaseca de Las Chanas, Zamora). *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* 58: 65–96.
- Nájera T, Molina F, Jiménez-Brobeil S et al. (2010) La población infantil de la Motilla del Azuer: Un estudio bioarqueológico. *Complutum* 21(2): 69–102.
- Nakai S (2012) Pig domestication processes: An analysis of varieties of household pig reproduction control in a hillside village in northern Thailand. *Human Ecology* 40(1): 145–152.
- Navarrete V (in preparation) Análisis faunístico del yacimiento neolítico de Reina Amalia (Barcelona).
- Navarrete V and Saña M (in preparation) Territories and Live-stock management in the northeast of the Iberian Peninsula during the early Neolithic: Complementarities and specialization between settlements.
- Nocete-Calvo F, Queipo de Llano G, Sáenz R et al. (2008) The smelting quarter of Valencina de la Concepción (Seville, Spain): The specialized copper industry in a political centre of the Guadalquivir valley during the Third Millennium BC (2750–2500 BC). *Journal of Archaeological Science* 35: 717–732.
- Orozco-Terwengel PA and Bruford MW (2014) Mixed signals from hybrid genomes. *Molecular Ecology* 23: 3941–3943.
- Ortiz L (1989) La Renke. *Arkeoikuska* 89: 16–19.
- Payne S and 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: 27–65.
- Pérez Ripoll M (1980) La fauna de vertebrados. In: Martí B (ed.) *Cova de l’Or (Beniarrés-Alicante)* (Serie de trabajos varios del SIP 65). Valencia: Diputación provincial de Valencia, pp. 193–255.
- Pérez Ripoll M (1990) La ganadería y la caza en la Ereta del Pedregal (Navarrés, Valencia). *Archivo de prehistoria levantina* XX: 223–254.
- Peters H and Driesch A (1990) Archäozoologische untersuchung der tierreste aus der kupferzeitlichen siedlung von Los Mil-lares (Prov. Almeria). *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 12: 51–109.
- Piña A and Saña M (2004) Anàlisi arqueozoològica dels conjunts de restes de fauna recuperats al jaciment de Can Roqueta/Torre-romeu (Sabadell, Vallès Occidental). Barcelona: Prehistory Department, Barcelona Autonomous University, unpublished report.
- Ramírez O, Burgos-Paz W, Casas E et al. (2015) Genome data from a sixteenth century pig illuminate modern breed relationships. *Heredity* 114(2): 175–184.
- Redding RW and Rosenberg M (1998) Ancestral pigs: A new (Guinea) model for pig domestication. In: Nelson SM (ed.) *Ancestors for the Pigs: Pigs in Prehistory*. Philadelphia, PA: MASCA (Research Papers in Science and Archaeology 15), pp. 65–76.
- Riquelme JA (1990) Aproximación al estudio faunístico del yacimiento arqueológico de Acinipo, Ronda (Málaga). *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada* 14–15: 181–207.
- Rizo C (2009) *Ganadería y caza durante la edad del bronce*. *Arqueozoología del Tabayá (Aspe, Alicante)*. Villena: Fundación Municipal José María Soler.

- Rosell C, Fernández-Llario P and Herrero J (2001) El jabalí (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758). *Galemys* 13(2): 1–25.
- Rowley-Conwy P (1995) Wild or domestic? On the evidence for the earliest domestic cattle and pigs in South Scandinavia and Iberia. *International Journal of Osteoarchaeology* 5(2): 115–126.
- Rowley-Conwy P (2001) Determination of season of death in European wild boar (*Sus scrofa ferus*): A preliminary study. In: Millard RA (ed.) *Archaeological Sciences 1997. Proceedings of the Conference held at the University of Durham, 2–4 Sept 1997. British Archaeological Reports* (International Series 939). Oxford: Archaeopress, pp. 133–139.
- Rowley-Conwy P, Albarella U and Dobney K (2012) Distinguishing wild boar from domestic pigs in prehistory: A review of approaches and recent results. *Journal World Prehistory* 25: 1–44.
- Saña M (1999) *Arqueología de la domesticación animal: La gestión de los recursos animales en tell Halula (valle del Éufrates, Siria) del 8800 al 7000 BP*. PhD Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Saña M (2000) La gestió i explotació dels recursos animals. In: Bosch A, Chinchilla J and Tarrús J (eds) *El poblament lacustre neolític de La Draga: Excavacions de 1990 a 1998*. Girona: Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, pp. 150–164.
- Saña M (2005) Animal domestication: Subject of study and subject of historical knowledge. *Revue de Paléobiologie* 10: 149–154.
- Saña M (2011) La gestió dels recursos animals. In: Bosch A, Chinchilla J and Tarrús J (eds) *El poblament lacustre del Neolític antic de la Draga. Excavacions 2000–2005*. Girona: Monografies del CASC 9, pp. 177–212.
- Saña M (2013) Domestication of animals in the Iberian Peninsula. In: Colledge S, Conolly J, Dobney K et al. (eds) *The Origins and Spread of Domestic Animals in Southwest Asia and Europe*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press, Inc, pp. 195–220.
- Sancho MFB (1995) Estudio arqueozoológico de los niveles post-paleolíticos de la cueva de Abauntz (Arraiz, Navarra). *Trabajos de arqueología Navarra* 12: 23–42.
- Sarrión I (1994) Clasificación preliminar de la fauna. In: De Pedro MJ (ed.) *La Lloma de Betxí (Paterna, Valencia) Un poblado de la Edad del Bronce*. Valencia: Serie de Trabajos Varios del SIP 94, pp. 247–260.
- Sarrión I (2005) La fauna de la Cova de les Bruixes. In: Mesado N (ed.) *La Cova de les Bruixes (Rossell. Castellón)*. Valencia: Serie de Trabajos Varios del SIP 105, pp. 77–109.
- Scandura M, Iacolina L, Crestanello B et al. (2008) Ancient vs. recent processes as factors shaping the genetic variation of the European wild boar: Are the effects of the last glaciation still detectable? *Molecular Ecology* 17(7): 1745–1762.
- Sillitoe P (2007) Pigs in the New Guinea Highlands: An ethnographic example. In: Albarella A, Dobney K, Eryvnyck A et al. (eds) *Pigs and Humans: 10,000 Years of Interaction*. Oxford: Oxford University Press, pp. 330–356.
- Šprem N, Piria M, Novosel H et al. (2011) Morphological variability of the Croatian wild boar population. *Šumarski list* 135(11–12): 575–582.
- Thomas R, Holmes M and Morris J (2013) 'So bigge as bigge may be': Tracking size and shape change in domestic livestock in London (AD 1220–1900). *Journal of Archaeological Science* 40: 3309–3325.
- Tormo C (2011) Arqueozoología. In: Torregrosa P, Maestre FJ and López E (eds) *Benàmer (Muro d'Alcoi, Alicante). Mesolíticos y neolíticos en las tierras meridionales valencianas*. Valencia: Serie de trabajos varios del SIP 112, pp. 113–117.
- Utrilla MP (1980) Fechas de Carbono 14 para la Prehistoria del Valle del Ebro. *Caesaraugusta* 51–52: 5–9.
- Utrilla MP (1982) El yacimiento de la cueva de Abauntz (Arraiz, Navarra). *Trabajos de Arqueología Navarra* 2: 203–345.
- Vai S, Vilaça ST, Romandini M et al. (2015) The Biarzo case in northern Italy: Is the temporal dynamic of swine mitochondrial DNA lineages in Europe related to domestication? *Scientific Reports* 5: 16514.
- Vigne JD (2015) Early domestication and farming: What should we know or do for a better understanding? *Anthropozoologica* 50(2): 123–150.
- Vigne JD, Peters J and Helmer D (2005) New archaeozoological approaches for the first steps of animal domestication: General presentation; reflections and proposals. In: Vigne JD, Peters J and Helmer D (eds) *New Methods and the First Steps of Mammal Domestication. Proceedings of the 9th International Council of Archeozoology (Durham, 23rd-28th August 2002)*. Oxford: Oxbow Books, pp. 1–16.
- Wright E, Viner-Daniels S, Pearson MP et al. (2014) Age and season of pig slaughter at Late Neolithic Durrington Walls (Wiltshire, UK) as detected through a new system for recording tooth wear. *Journal of Archaeological Science* 52: 497–514.
- Yen DE (1991) Domestication: The lessons from New Guinea. In: Pawley A (ed.) *Man and a Half: Essays in Pacific Anthropology and Ethnobiology in Honour of Ralph Bulmer*. Auckland: The Polynesian Society, pp. 558–569.
- Zanchetta G, Regattieri E, Drysdale R et al. (2016) The so-called '4.2 event' in the central Mediterranean and its climatic teleconnections. *Alpine and Mediterranean Quaternary* 29(1): 5–17.
- Zeder MA (2012) The domestication of animals. *Journal of Anthropological Research* 68(2): 161–190.
- Ziegler R (1990) Tierreste aus der prähistorischen Siedlung von los Castillejos bei Montefrío (Prov. Granada). *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 12: 1–50.



## **5.2. Representación de la producción animal y del tipo de ganadería practicada a inicios del Neolítico**

Los procesos de trabajo destinados a la obtención de los productos del animal —matanza para la extracción de carne y materias duras—, así como las patologías óseas consecuencia de la explotación del animal como medio de producción, quedan evidenciados en el registro arqueológico, pudiéndose analizar de forma directa sobre los restos faunísticos. Las restantes estrategias que implican el control y mantenimiento del animal vivo constituyen una estimación indirecta obtenida a partir de la interpretación de curvas de edad, o la repartición por sexo de los animales muertos.

El hecho de sacrificar intencionalmente al animal implica, en términos económicos, la explotación cárnica y de materias duras. Si bien esta modalidad de explotación queda evidenciada de manera directa en el registro arqueológico, las restantes (mantenimiento del animal vivo) constituyen una estimación indirecta obtenida a partir de la interpretación de las curvas de edad y el sexo de los animales sacrificados. Existen varios modelos teóricos que asocian las variables sexo y edad con la estrategia de explotación de los rebaños bajo condiciones de una reproducción artificial dirigida a obtener un determinado producto (Payne, 1973; Helmer, 1992; Vigne, 2005; Vigne y Helmer, 2007).

Cabe destacar que los perfiles de matanza son el resultado de la acumulación de restos óseos durante un período de tiempo indeterminado, durante el cual las modalidades de explotación pueden haber variado (Rendez et al., 2003). Los trabajos de Vigne y Helmer (1999, 2007), Helmer y Vigne (2004), Blaise (2005, 2009), Helmer et al., (2007), sugieren que es improbable que los perfiles de tipo mixto correspondan a una sucesión de tipos “*puros*” (modelos establecidos por Payne, 1973) acumulados; por el contrario, éstos reflejarían la explotación complementaria de varios productos. Reforzando estas hipótesis, los estudios etnográficos también han contribuido a esta problemática a través del estudio de los sistemas ganaderos actuales en los que se evidencia como las producciones animales no son excluyentes entre sí (Digard, 1981; Halstead, 1998; Papoli-Yazdi, 1991; Rendu, 2003). Por tanto, los animales no se mantienen para una única explotación, sino que la ganadería puede perseguir objetivos económicos mixtos. Además, la estrategia ganadera no se orienta sólo a la obtención de productos consumibles. La constitución de reservas, el intercambio y la utilización de los animales como medio de producción son variables que deben tenerse también en cuenta (Saña, 1999).

Por lo que respecta a los estudios arqueozoológicos realizados en yacimientos con cronología

neolítica en el noreste de la Península Ibérica, la estrategia ganadera implementada que se documenta es mixta (Colominas et al., 2008; Saña, 2005, 2011; Navarrete y Saña, 2013; Saña y Navarrete, 2016). La matanza de los animales, para todas las especies, durante el intervalo de edad en el que han alcanzado el óptimo teórico ganadero, demuestra que en la mayoría de los yacimientos estudiados se integran de forma efectiva los ciclos productivos de las diversas especies domésticas explotadas (Saña, 2005, 2011; Navarrete y Saña, 2013; Saña y Navarrete, 2016). Además, una de las características e innovaciones de la producción y dieta en el Neolítico es la documentación de los productos lácteos. La producción de la leche requiere de unas prácticas muy precisas o específicas en la gestión y explotación de los rebaños de vacas, cabras y ovejas (Payne, 1973; Helmer, 1992; Balasse, 2003; Helmer y Vigne, 2004; Vigne, 2005; Vigne y Helmer, 2007; Debono et al., 2016). Tal como se ha mencionado anteriormente, este tipo de explotación está bien documentado a inicios del neolítico en los yacimientos Can Sadurní (Blasco et al., 2006; Saña et al., 2015; Debono et al., 2016) y de la Draga (Saña, 2011, Roz et al. 2014). Asimismo, en este último yacimiento el alto porcentaje de individuos adultos-seniles y la presencia de patologías óseas en falanges y metápodos podrían ser el resultado del sobreesfuerzo reiterado realizado por parte algunos animales utilizados para tracción o transporte (Saña, 2011; Bosch et al., 2008).

En conclusión, el estudio de la estructura de la población sacrificada permite poder llegar a determinar las pautas de matanza de los animales representados. Estas pautas de matanza permiten caracterizar las estrategias de explotación animal. Este estudio es fundamental para conocer los diferentes tipos de ganadería practicada, pudiendo diferenciar entre una ganadería especializada (una determinada producción, o mayor importancia una especie o producto) y una ganadería diversificada (explotación diferentes taxones o productos con una importancia económica similar) a inicios del Neolítico (Digard, 1988). Sin embargo, y tal como se mencionado en la introducción de este apartado, caracterizar el tipo de ganadería practicado requiere de una aproximación integrada en la que se tengan en cuenta la totalidad de ciclos productivos que interacción entre sí a lo largo de las diferentes estacione del año y, de manera muy particular los ciclos agrícolas, sin cuales difícilmente pueden entenderse y explicarse estrategias de gestión animal y económicas en general.

### **5.2.1. Aproximación integrada al estudio de los ciclos agrícolas y ganaderos en el noreste de la Península Ibérica durante el Neolítico antiguo.**

5.2.1.1. 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.

*A combined analysis of the faunal and charred plant macroremains from the early Neolithic lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain) is presented. The aim was to characterise the farming strategies practiced by the first Neolithic communities in the north-east of the Iberian Peninsula in terms of their degree of intensity. The joint discussion of the data allowed the observation that permanent plots could have been kept, that a high harvest would have been practiced and that a low-scale processing of the crop could have taken place within the domestic space, where the grain would be stored. This type of crop husbandry would permit the livestock to access the fields and graze the stubble, which would result in the manuring of the plots. Herds were kept close to the dwellings and different management and consumption practices were observed between the larger and the smaller animals. Smaller animals were probably produced and consumed at a household scale while larger animals would require a cooperative management and consumption. It is concluded that the available evidence points towards an intensive mixed farming model.*





# An integrated perspective on farming in the early Neolithic lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain)

Ferran Antolín<sup>1</sup>, Ramon Buxó<sup>2</sup>, Stefanie Jacomet<sup>1</sup>, Vanessa Navarrete<sup>3</sup>,  
Maria Saña<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Sciences, Integrative Prehistory and Archaeological Science (IPNA/IPAS), Basel University, Switzerland, <sup>2</sup>Museu d'Arqueologia de Catalunya, Girona, Spain, <sup>3</sup>Dept. de Prehistòria, Facultat de Lletres, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain

A combined analysis of the faunal and charred plant macroremains from the early Neolithic lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain) is presented. The aim was to characterise the farming strategies practiced by the first Neolithic communities in the north-east of the Iberian Peninsula in terms of their degree of intensity. The joint discussion of the data allowed the observation that permanent plots could have been kept, that a high harvest would have been practiced and that a low-scale processing of the crop could have taken place within the domestic space, where the grain would be stored. This type of crop husbandry would permit the livestock to access the fields and graze the stubble, which would result in the manuring of the plots. Herds were kept close to the dwellings and different management and consumption practices were observed between the larger and the smaller animals. Smaller animals were probably produced and consumed at a household scale while larger animals would require a cooperative management and consumption. It is concluded that the available evidence points towards an intensive mixed farming model.

**Keywords:** Archaeozoology, Archaeobotany, Farming models, Animal and crop husbandry, Intensive farming

## La Draga: a unique case in the early Neolithic of the Iberian Peninsula

The settlement of La Draga is located on the eastern side of the Lake of Banyoles (Banyoles, Spain), at 170 m asl (Fig. 1). The surface of the site is thought to be around 8000 m<sup>2</sup>. It most probably stretched for over 100 m along the lake shoreline and around 80 m inland (Bosch *et al.* 2000, 24; Tarrús 2008).

It was discovered in 1990. Four areas were excavated to date (Fig. 1): sector A, of approximately 284 m<sup>2</sup>; sector B, of 126 m<sup>2</sup>; sector C, of 310 m<sup>2</sup>; and sector D, of 56 m<sup>2</sup>. Sectors B, C and D remained under waterlogged conditions since the Neolithic period and excellent conditions of preservation of the archaeological record were possible. The excavated sectors B and D are the only areas for which a combined analysis is possible, since they are side by side (Fig. 1). The stratigraphy of sectors A and C was not fully correlated with the rest of the site.

After the recent excavations of sector D, two early Neolithic settlement phases were distinguished.

In this paper we will focus on the earliest occupation (Layer VII, see Fig. 2). During this phase (C14 dated to c. 5300 to 5200 cal BC), the village was a pile dwelling site. Eventually, a massive fire could have destroyed most of the huts (Tarrús 2008), which allowed the preservation of thousands of charred plant macroremains. The soil matrix of this archaeological layer consists of clay, organic and mineral debris of diverse origin, and the wooden piles, beams and boards which could have belonged to the dwelling structures.

Unfortunately, no house plans are yet available, since dendrochronological analyses (carried out by P. Gassmann) were hitherto not successful. This is due to the particular characteristics of Mediterranean woods and the limited number of rings per post that have been obtained to date. For this reason, any interpretation concerning settlement structure must remain at a hypothetical level.

Palynological data indicate that the area around the site would be densely wooded with oak (deciduous *Quercus* sp.), fir (*Abies alba*), pine (*Pinus* sp.) and evergreen oak (evergreen *Quercus* sp.). Riparian forests would be important around the lake shore, where bushes and trees like hazel (*Corylus avellana*), ash

Correspondence to: Ferran Antolín, Department of Environmental Sciences, Integrative Prehistory and Archaeological Science (IPNA/IPAS), Basel University, Spalenring 145, CH-4055 Basel, Switzerland. Email: ferran.antolin@unibas.ch

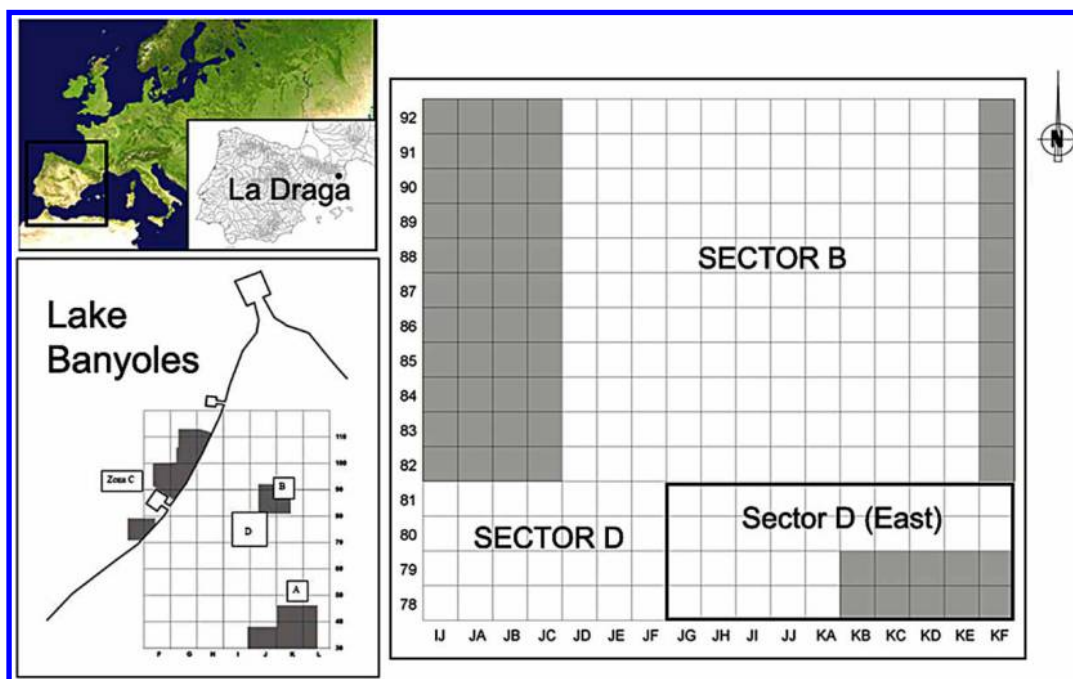


Figure 1 Location of the site, the excavated sectors and the areas under analysis in this work.

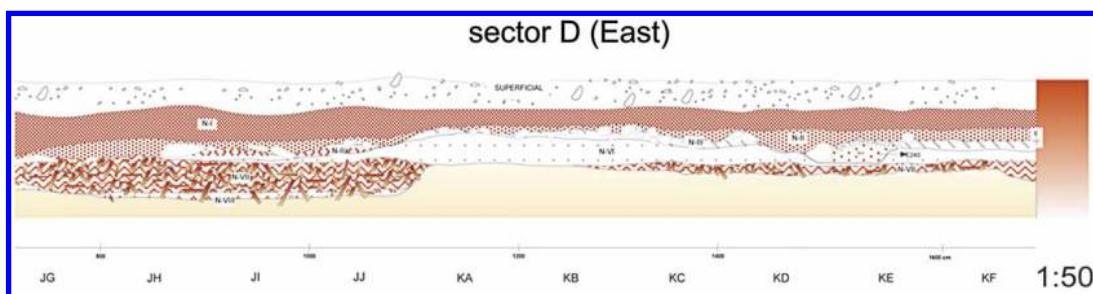


Figure 2 Southern profile of sector D (East) with indications of the different archaeological strata that were identified during fieldwork.

(*Fraxinus* sp.), elm (*Ulmus* sp.), alder (*Alnus glutinosa*) and elder (*Sambucus* sp.) would grow (Burjachs 2000). The botanical diversity observed in charcoal analyses gives a similar spectrum. It confirms the generalised presence of oak in the immediacies of the site, but not pine or fir. These would grow in the nearest mountains (Piqué 1996, 2000; Burjachs 2000). Isotopic analyses carried out on oak wooden posts from La Draga recently confirmed that temperatures would be slightly lower than currently during the early Neolithic and that there would be a higher precipitation (Aguilera *et al.* 2011).

The archaeobiological record of La Draga is, by far, the richest from the early Neolithic of the Iberian Peninsula. For this reason, it was decided to attempt an integrated approach to farming practices at the site.

### Models for early farming in the Neolithic

Farming and herding practices cannot be understood independently. A large number of ethnographic examples demonstrate that animal and crop husbandries are fully integrated and that certain practices

are incompatible, while others maximise the chosen strategy. Bogaard (2004a, 2004b) presented a comprehensive evaluation of the interrelations between both types of practices after defining the four main crop husbandry regimes which have been used to explain early farming economy: shifting cultivation, floodplain cultivation, intensive agriculture, extensive ox-drawn ard agriculture.

Shifting cultivators continuously grow their crops in newly opened fields which last for a short number of years, they usually have a low number of domestic animals and they never manure their crops. Contrary to permanent field cultivation, shifting cultivations may increase game availability through the controlled burning of wooded areas and so there would be a lower need for domestic animals (Boserup 1967, 61; Rowley-Conwy 1981; Isaakidou 2011). Floodplain cultivation, on the other hand, would allow nearly ‘self-cultivating’ soils that required no tillage, weeding or manuring. These would be sown in spring. Domestic animals would not play an integral role in this regime and they would only be raised for

their meat (Sherratt 1980; Isaakidou 2011). As other authors pointed out (Isaakidou 2011), this model lacked an actual ethnographic basis. In intensive garden-type farming, limited woodland clearance would have confined small numbers of livestock to arable land, especially at night, which would result in intensive manuring (Halstead 1981). Sheep were optimal for cleaning, weeding and manuring fields, and their sole presence on the field acted as soil disturbance (Thomas 1957, *cit.* Rowley-Conwy 1981), while pigs could destroy every weed, bring up valuable elements from the subsoil and heavily manure the land (Seymour and Seymour, 1973, *cit.* Rowley-Conwy 1981, Halstead 2006). In intensive mixed farming models, animal exploitation was diversified: meat, milk and traction were exploited but usually not in a systematic way. The systematic exploitation of milk is more labour-demanding than the exploitation of meat, for which it is considered more intensive (Halstead 2012). It is important to keep in mind, though, that intensive herding would imply some periods of high investment of labour, like in spring, when most animals would give birth and the females would need to be taken care of. Risk of loss of animals would not only happen at this time, but also in winter, when changes in light and temperature took place and fodder availability reduced (Saña 2011). Intensively managed herds would usually be kept in the settlement especially during winter. During those periods, they would have to be fed with fodder, which could consist of stalks, leaves, branches, grain or by-products of the several processing stages of the crops (Halstead 1998). The last of the models, extensive ox-drawn agriculture, would not require manuring (or at least not an intensive manuring), and so livestock could be fed outside the arable land (for instance, by transhumance). The absence of intensive manuring would imply the cultivation of larger fields in order to obtain the desired production, which would only be possible through the implementation of the ox-drawn ard. Crop harvesting and processing would require techniques which facilitated their processing in bulk.

### **An integrated perspective on farming: the combination of archaeozoological and archaeobotanical evidences**

A number of key variables were raised through the characterisation of the four models of crop and animal husbandry: the size of the plots and the herds, the intensity of manuring, the diversity of domestic animals, the importance of hunting, the use of pastures, the diversified exploitation of animal products, the practice of leaf foddering or the use of crop processing by-products as animal fodder, the permanence of the fields, the sowing season, or the scale of crop processing and storing. Therefore, for a

complete approach to farming practices, an integrated archaeobiological approach becomes necessary.

Such integrated approaches were already implemented rather successfully in other Neolithic lakeshore sites located in different regions of Europe. In Arbon Bleiche 3 (Thurgau, Switzerland), a pile dwelling settlement dated to *c.* 3400 BC with excellent preservation conditions, allowed the reconstruction of farming practices at the site (Jacomet *et al.* 2004). In the site of Clairvaux-les-Lacs (Jura, France), which was dated to *c.* 3200 BC, another integrated approach to archaeobiological data from a pile dwelling site was performed (Arbogast *et al.* 1997). Theoretical developments derived from ethnographic references were also recently put forward and applied to the available archaeobiological data for the Neolithic in central Europe with similar purposes (Ebersbach 2002, 2010).

### *The archaeozoological analyses: aims, materials and methods.*

For this evaluation, the totality of animal bone remains from sectors B and D (186 m<sup>2</sup>) were analysed ( $n = 9410$ ). These were obtained both during fieldwork (100% of the bone remains were spatially recorded and recovered) and through the water-screening of the sediment. A complete evaluation of the results obtained from sectors A, B and C is already published (Saña 2000; 2011) but the data from sector D are new.

The evaluation of the economic importance of animal husbandry practices in La Draga was established through the analysis of the specific variability, considering the totality of animal resources managed and exploited. The quantification of the assemblages was based on the Number of Remains (NISP) and the Minimum Number of Individuals (MNI) of each species, the amount of potentially supplied biomass and the weight of the remains. The husbandry strategies were assessed through the characterisation of demographic patterns of the flocks and the physical characteristics of the animals.

The age of the animals was estimated according to the stages of tooth wear (Brown *et al.* 1960; Bull and Payne 1982; Grant 1982), eruption sequences and epiphyseal fusion in post-cranial elements (Silver 1969; Amorosi 1989) in the case of pig, cattle, sheep and goat. Measurements were taken according to von den Driesch (1976).

The anatomical variability recorded for each animal species was also considered. This calculation took into account the frequencies of the representation of each bone element independently and the different elements grouped into skeletal parts. For this, the skeleton was divided into five parts according to their greater or lesser contribution to meat production: head, trunk, fore limb, hind limb and distal parts of the extremities

(carpal and tarsal bones, metapodials, sesamoids and phalanges). The comparative analysis of the percentage of representation of each part took into account the different number of elements in each one, by pondering the results.

The degree of interdependence or autonomy of the households regarding consumption and distribution of animal products was established by conducting spatial analyses of the faunal remains according to species, age and recorded associations between anatomical elements. As it was possible to associate several skeletal elements to the same animal, either through refits or anatomical connections, a new unit was used called IES (individualised elements of the same individual). The criteria used for this attribution, in cases with no refits or direct connections, were the age of the animals, the size, spatial distribution of the remains and taphonomic characteristics.

The integrated analyses of all the presented parameters (animal acquisition, use and distribution) allow evidencing the goals of husbandry and the required community organisation for herd management, attending the basic requirements of their breeding and reproduction.

**The archaeozoological analyses: results**  
**Hunting and herding**

Fifty-one taxa were identified at La Draga. Bone remains of domestic animals are more than 96% of the recovered assemblage and 85% of the inferred meat product (Tables 1–3). The same pattern was observed in both sectors B and D. The diversity of wild animals is large but their quantitative significance is low. Their distribution within the analysed surface of the site is very homogeneous, not showing any significant concentration.

**Composition of the flocks**

The composition of the herds was rather mixed. Goat and sheep were 45% of the total MNI, cattle were 22% and pigs 15%. When considering the potential meat that each taxon could have produced according to the represented body parts, cattle suppose around

**Table 1** Number of recovered faunal remains per animal category in Sectors B and D

	Sector B	Sector D
Mammals	3774	4752
Birds	115	16
Fish	141	151
Mollusc	198	71
Micromammals	7	19
Reptilians	30	17
Amphibians	2	2
Insects	–	115
Total	4267	5143

**Table 2** Distribution of taxonomical representation frequencies by NISP (Number of Identified Specimens), MNI (Minimum number of individuals) and quantity of biomass potentially supplied (B)

	NISP (B)	MNI (B)	B (B)	NISP (D)	MNI (D)	B (D)
<i>Bos taurus</i>	1178	37	4238	346	8	1100
<i>Sus domesticus</i>	901	25	1064	387	6	240
<i>Capra hircus</i>	331	28	349	74	7	103
<i>Ovis aries</i>	264	25	296	65	7	107
<i>Ovis/ Capra</i>	913	10	147	600	12	181
<i>Canis familiaris</i>	38	2	17	4	2	8
<i>Bos primigenius</i>	10	4	529	–	–	–
<i>Sus scropha</i>	71	3	160	8	2	120
<i>Cervus elaphus</i>	7	2	245	6	1	100
<i>Capra pyrenaica</i>	13	2	70	7	2	40
<i>Capreolus capreolus</i>	1	1	15	21	1	15
<i>Canis sp.</i>	–	–	–	2	1	–
<i>Vulpes vulpes</i>	5	1	0.5	6	1	0.5
<i>Martes sp.</i>	9	1	0.5	3	1	0.5
<i>Felis sylvestris</i>	2	1	0.5	2	1	0.5
<i>Meles meles</i>	5	1	0.5	–	–	–
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	1	1	0.4	2	1	0.4
TCR	3749			1533		
MPND	1			6		
MMND	22			2982		
MGND	2			231		
UR	25			3219		
Total	3774			4752		

MPND, mammals of small size; MMND, mammals of medium size; MGND, mammals of large size; TCR, total classified remains; UR, unidentified remains (at species level).

**Table 3** Absolute and relative frequencies of representation of wild and domestic animals in Sectors B and D

	NISP-B	%NISP-B	NISP-D	%NISP-D
Domestic	3625	0.9669	1476	0.9628
Wild	124	0.033	57	0.0371

60% of the record. Their spatial distribution is also relatively homogeneous, with all three groups represented in both sectors B and D.

**Mortality profiles of domestic species and herding practices**

Slaughtering patterns were analysed per taxon (Fig. 3). Cattle were primarily killed at between 18 and 24 months of age (25%), but a large proportion of newborn animals were also recovered (20%). It is also important to note that around 5% of the animals were kept until they were 36–72 months of age. Pigs of between 6 and 18 months old were the best represented in the record (over 50%). Goats were also primarily killed at between 6 and 24 months of age, with a significant percentage (around 12%) of goats kept until they were 4–6 years old. Sheep presented a rather similar pattern, having more than 40% of the animals killed at between 12 and 24 months of age and 25% at between 4 and 6 years.

### Palaeopathologies related to the animal use for traction and/or transport

Several palaeopathologies were identified on *Bos taurus* remains consisting mainly in osseous deformations (broadening of the medial trochlea, lipping) and the formation of osseous excrescences with diverse degrees (exostoses) (Fig. 4). These osseous deformations would be the result of the repeated mechanical stress on distal bones of extremities and were located mainly at the articular surfaces of the bones that were overstrained. This aspect was analysed on the metapodials ( $n = 27$ ) and phalanges ( $n = 49$ ), according to criteria proposed by Bartosiewicz *et al.* (1997) and De Cupere *et al.* (2000), from which the rate of pathologies (PR) was calculated. The results show that analysed bones present slight morphological changes, with a PR value very close to zero (Bosch *et al.* 2008).

### Spatial distribution of the domestic taxa

Three main areas of concentration of bone remains of domestic taxa were identified by applying Kernel analysis. The first one was in squares JG90, JH90 and JI90; the second one in IJ80, IJ81 and JA81; the third one was in JE80, JE81, JF80 and JF81. These concentrations coincide with the main concentrations of sheep and goat bones (Fig. 5). Cattle were mainly concentrated in the centre of the analysed area, while a concentration of pig remains was identified around

square JI90. When considering the distribution of anatomical parts (Fig. 6), no significant patterns could be observed.

The identification of anatomical joints and the operation of refitting of animal skeletons in the laboratory allowed several observations (Fig. 7). In sector B, the carcasses displayed a high level of integrity, particularly in the case of pig and cattle (Saña 2011). For *Bos taurus* it was possible to individualise a total of 16 different groups of skeletal elements ( $n = 244$ ) that seemed to correspond to the same individual (considering their anatomical characteristics). In most cases the remains were recovered in different spaces, with maximum distances of 14 m between them. In addition to these 16 groups, 122 remains were involved in anatomical refits. They consisted mainly of elements from the axial skeleton (vertebrae and ribs) and the distal part of the limbs (carpal and tarsal bones and phalanges). For pig, the percentage of remains involved in refits and anatomical connections was 54.1% ( $n = 519$ ). The maximum spatial distance recorded between refitted elements was 5 m. A significant percentage of *Capra hircus* remains (55.68%;  $n = 186$ ) belonged to a total of eight individuals. These data were very similar to those obtained for *Ovis aries* ( $n = 266$ ), with 65 whole elements and 134 attributed to a particular individual. The refits and connections mainly involved distal limb bones, skull, mandible and first cervical vertebrae.

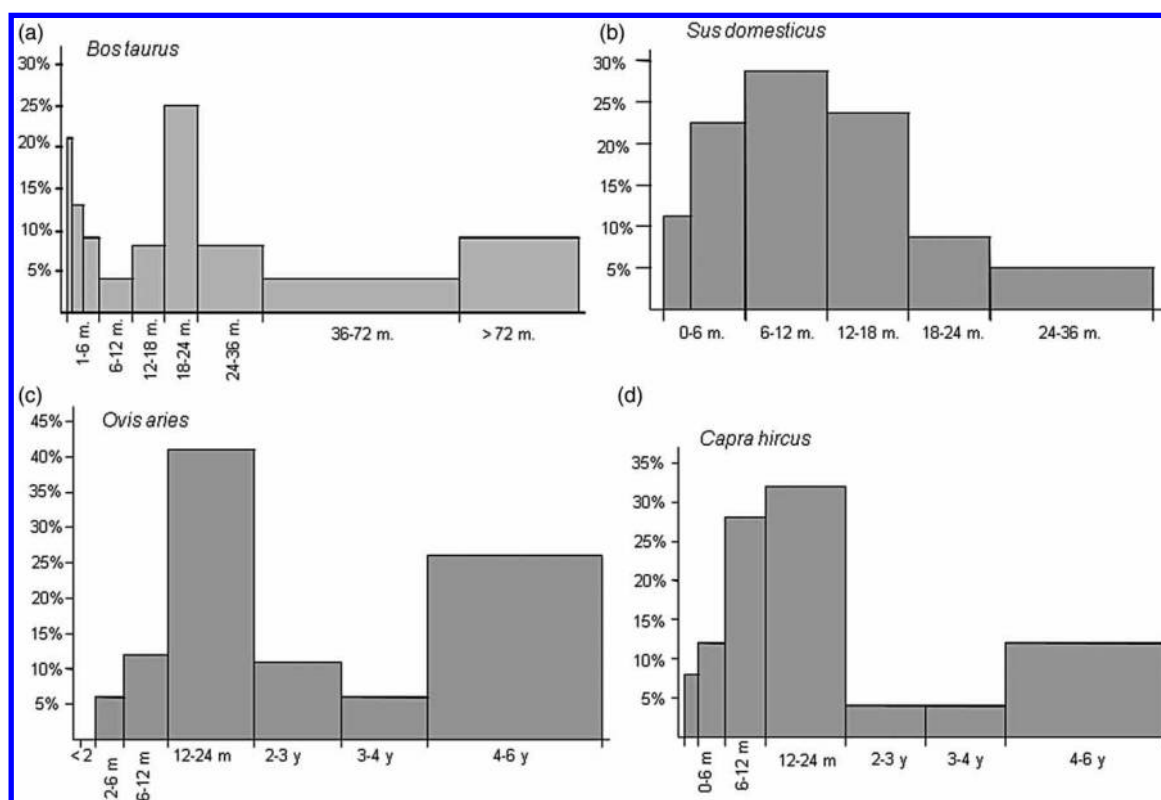


Figure 3 Slaughter patterns documented for *Bos taurus* (A), *Sus domesticus* (B), *Ovis aries* (C) and *Capra hircus* (D) in La Draga site.

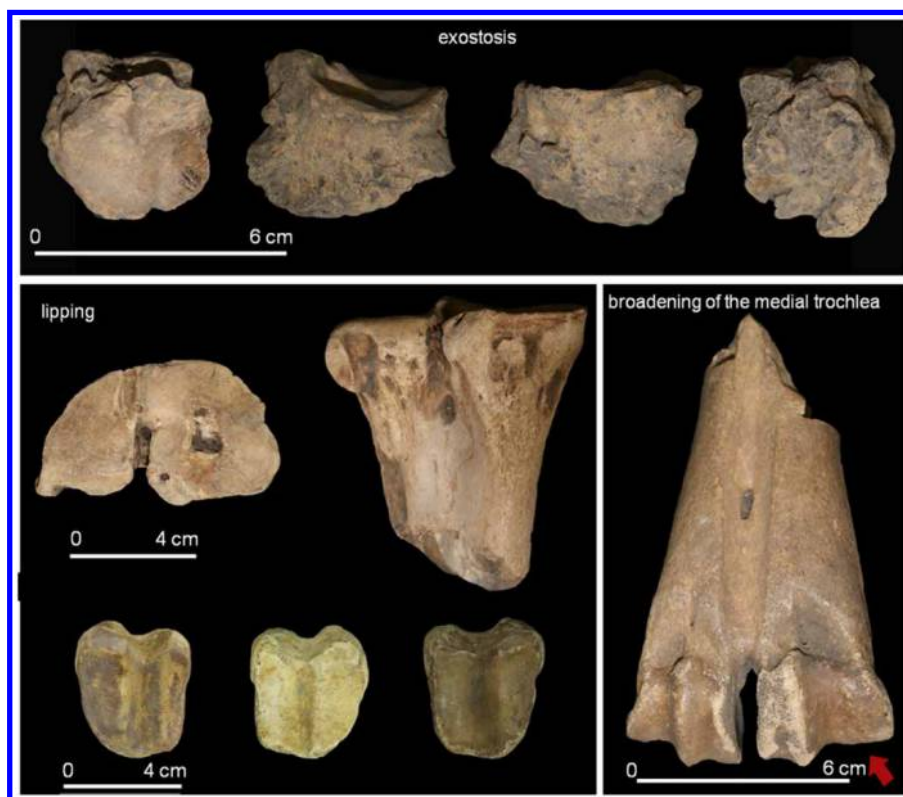


Figure 4 Identified palaeopathologies on *Bos taurus* remains: (A) broadening of the medial trochlea (metapodials), (B) lipping and the (C) formation of osseous excrescences (phalange exostoses).

Finally, it should be pointed out that the bones which presented palaeopathologies related to traction were distributed along the analysed surface and that the spatial analyses of faunal remains according to ages evidence a significant concentration of newborn individuals in the central part of Sector B, coinciding with the area with a higher density of faunal remains (Fig. 8).

*The archaeozoological analyses: discussion*

The presented data brought out significant information for our initial purposes. First of all, the clear predominance of domestic species is unquestionable. Therefore, it can be said that the data obtained from the analysed area do not support hunting as an important economic activity at La Draga. Quite the opposite, the recovered record emphasises the role of

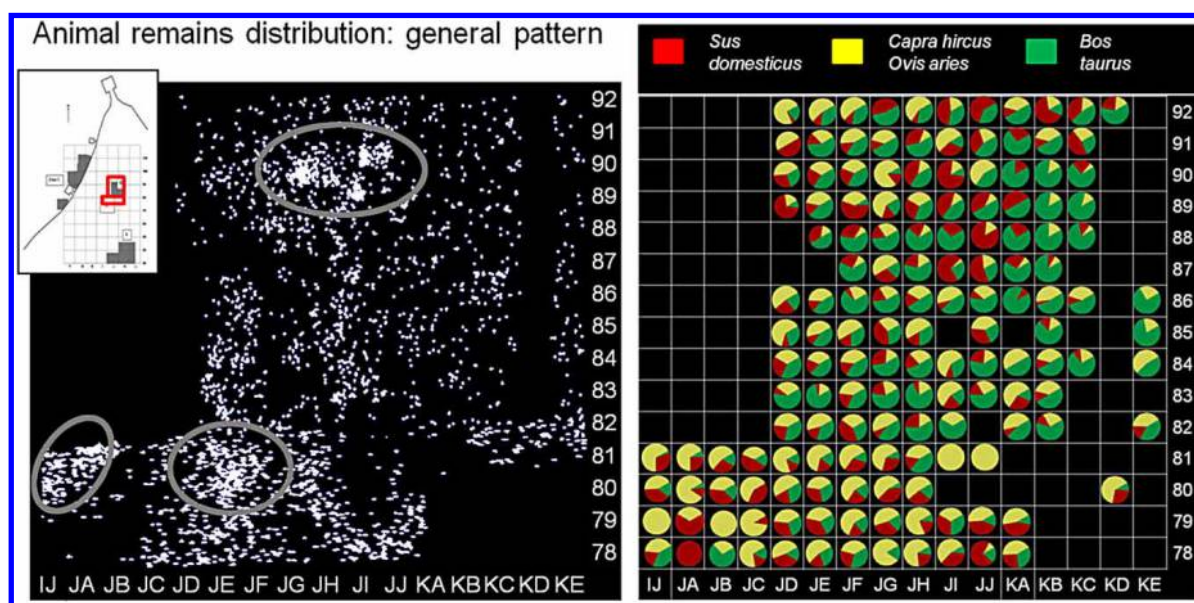
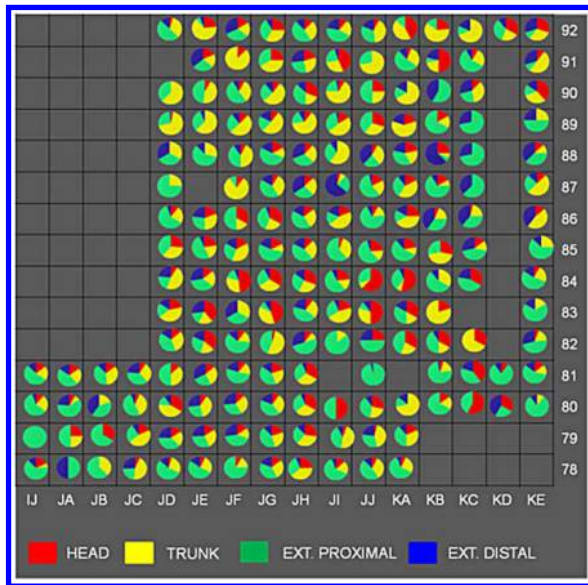


Figure 5 Distribution pattern of animal remains in Sectors B and D, indicating the main areas of concentration: (A) general pattern and (B) % domestic taxa.



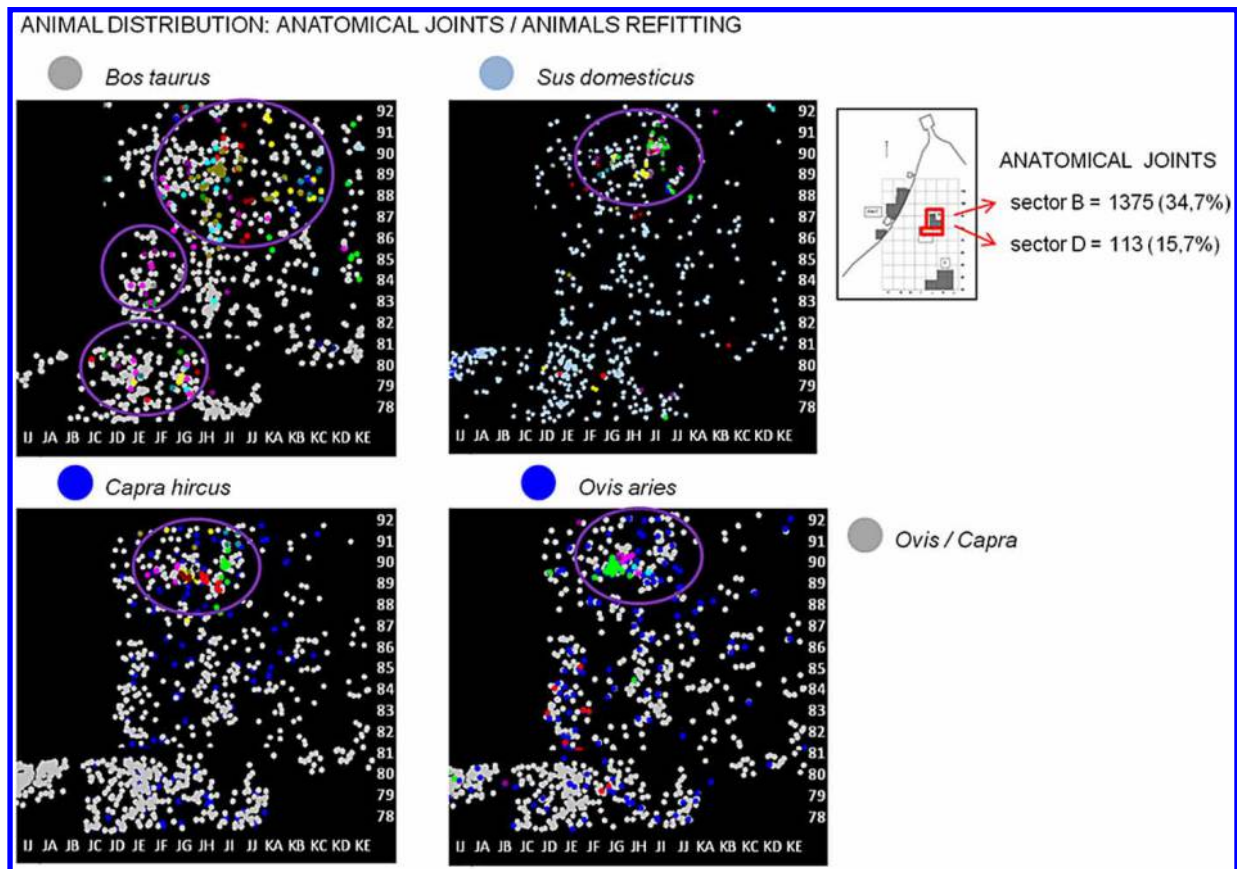
**Figure 6** Skeletal part distribution according elements representation percentages of main anatomical parts: head, trunk, distal and proximal extremities.

domestic animals in the economy. Besides, a much diversified farming strategy was observed, where pigs, cattle, goats and sheep would be raised. This evidence allows discarding shifting models of agriculture as presented above.

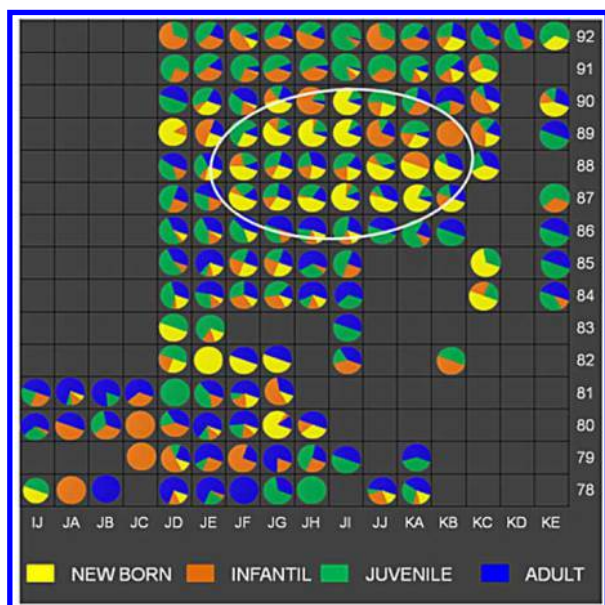
It was also observed that an important proportion of all the domesticated animals was killed at their

meat optimum. Consequently, meat was probably the main product obtained from domestic animals. Nevertheless, the important deaths of young cattle and goats could be the result of the exploitation of milk from both of these taxa (Vigne and Helmer 2007; Saña 2011). Furthermore, some goats and sheep were kept until a rather advanced age. This could mean that products other than meat were obtained from them (such as milk or wool). Finally, the identification of palaeopathological signs of traction on cattle extremities would also confirm that a small number of animals were kept for being occasionally used as force of labour (either for the transportation of wood or for agricultural works) (Tarrús *et al.* 2006). These pieces of evidence support a diversified exploitation of animal products, rather than a specialised production. This allows discarding extensive herding practices (that is to say, floodplain cultivation and extensive agriculture as well).

Further evidence was evaluated which tends to confirm the intensive management of the flocks. First of all, the large number of neonates recovered would indicate that animals were kept within the settlement, close to the dwelling. Secondly, the patterns of distribution of the different taxa support a rather similar access to all domestic taxa in the analysed area. Therefore, considering that more than one household is probably represented in 186 m<sup>2</sup>,



**Figure 7** Number of remains involved in refits and anatomical connections for domestic taxa (*Capra hircus*, *Ovis aries*, *Bos taurus*, *Sus domesticus*).



**Figure 8** Distribution of bone remains of domestic taxa (*Capra hircus*, *Ovis aries*, *Bos taurus*, *Sus domesticus*) according the age of the animal: newborn, infantile, juvenile and adult.

one could assume that the different households represented in this area had a rather similar access to animal products. Subsequently, one could argue that the flocks were also managed by each household. Isotope analyses are currently ongoing in order to obtain more concrete information on reproduction and feeding patterns for sheep, goats and cattle (Tornero, Balasse, Navarrete and Saña, unpublished). Besides, different patterns of distribution were observed for the larger animals (cattle) with respect to the rest. This might be the result of the different social contexts in which they could have been consumed. It has been ethnographically observed (e.g. Schneider 1957) and also highlighted in the studies of the archaeobiological record of other Neolithic contexts of the Mediterranean region (see, for instance, Robb 2007; Bogaard *et al.* 2009) that large-sized animals like cattle were shared when consumed. The identification of several bucrania (skulls with horn cores) in La Draga opens the possibility to the discussion of the potential social role of sharing food in the site of La Draga.

#### *The archaeobotanical analyses: aims, materials and methods*

Crop husbandry practices were assessed by approaching the charred record of sector D East (Fig. 1).

The sampling strategy followed reference works from the lakeshore sites of the Alpine foreland (Jacomet and Brombacher 2005). A systematic (interval) surface sampling was carried out, taking four samples of 0.5–1 l of sediment per grid square (one in each sub-square of 50 × 50 cm). A selection of

these samples was analysed for this work (Fig. 9). Sieves of 2 and 0.35 mm of mesh size were used for their processing with the wash-over method (Kenward *et al.* 1980; Hosch and Zibulski, 2003; Tolar *et al.* 2010). Finally, some bulk samples were water-screened with a sieve of 2 mm mesh size and partially checked for rare finds. Layer VII was sampled at two different moments: above the collapsed wooden structures (VIIa) and in-between and below these structures (VIIb). No clear sedimentary differences were observed between them during fieldwork, but the sampling strategy aimed to test the homogeneity of the composition of the layer. Therefore, both sub-phases respond to the same settlement phase (identified as Layer VII by the archaeologists, Fig. 2). The samples taken as sub-phase VIIa yielded the majority of charred plant macroremains ( $n = 3218$ ; density = 427.5 r/l (remains per litre)), while those from the sub-phase VIIb only provided a small amount ( $n = 537$ ; density = 43.3 r/l). The sample JH80 of sub-phase VIIb (from now on referred to as JH80(VIIb)) was later ascribed to layer VIIa on the basis of its botanical composition.

Cereal identification criteria followed Jacomet (2006) and cereal nomenclature followed the traditional groupings (Zohary *et al.* 2012). For the rest of the taxa, specialised literature was consulted, as well as the reference collection from the IPAS (University of Basel). The nomenclature follows the *Flora Manual dels Països Catalans* (de Bolòs *et al.* 2005). The quantification of chaff remains follows (Hillman *et al.* 1996) while the quantification of grain follows (Antolín and Buxó 2011b).

Crop husbandry strategies were inferred by comparison with ethnographic references (Jones 1987; Antolín 2012).

#### *The archaeobotanical analyses: results*

##### **Crop diversity**

Several potential crops were identified in charred state at La Draga: (mostly) hulled barley of two-rowed type (*Hordeum distichum*); naked wheat, mainly of tetraploid type but also of hexaploid type (*Triticum durum/turgidum*; *Triticum aestivum*); emmer (*Triticum dicoccum*); einkorn (*Triticum monococcum*); the so-called new glume wheat (*Triticum* sp./new type; Fig. 11); and opium poppy (*Papaver somniferum*). Most of the remains concentrated in the sub-phase VIIa (Fig. 10).

Charred remains (grains and chaff) of barley were rather well represented in layer VIIa, with an average concentration value around 50 r/l. Ear fragments of barley were identified in squares JG80 and JH80 (Fig. 11).

Naked wheat was the best represented cereal at La Draga. The average concentration value for the



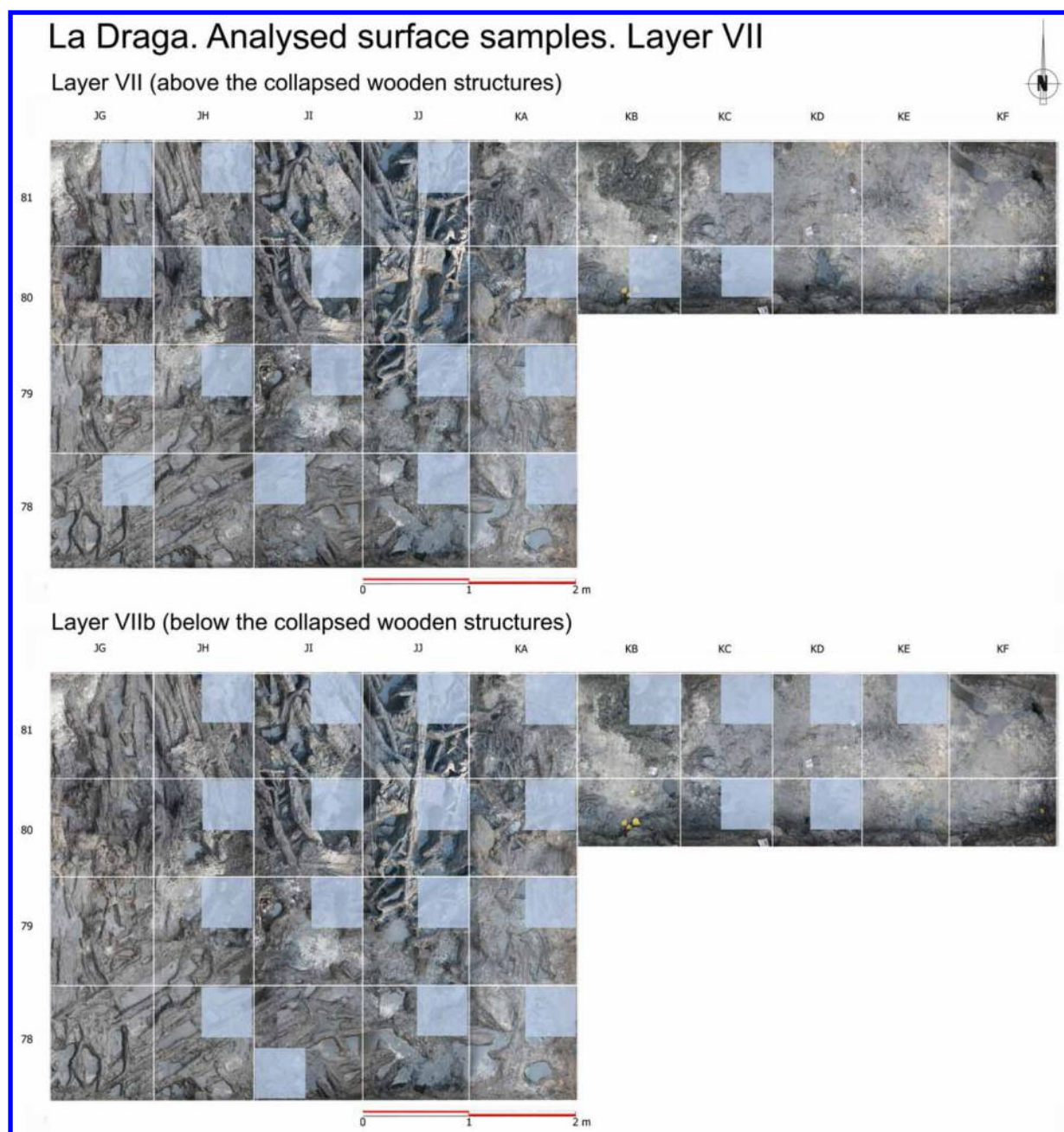


Figure 9 Surface samples from Sector D (East) included in the archaeobotanical analysis (Antolín *et al.* 2013).

charred grains in layer VIIa was over 260 r/l (89.5% of ubiquity). Fragments of grain (including undifferentiated cereal) produced prior to charring were (see identification criteria in e.g. Valamoti 2002) 4.5% of the total grain remains of square JG80 and 3.3% of JH80. Charred chaff remains of naked wheat were also abundant. The largest concentrations of chaff (c. 130–550 r/l) were found in squares JG80 and JH80. An ear fragment of *Triticum durum/turgidum* type was recovered in the bulk sample of square JI80 (Fig. 11).

The representation of glume wheats was rather limited, with average concentrations per sample of around 20 r/l. Two spikelet forks that could belong to the so-called new glume wheat were identified in the water-screened samples (squares JH80 and JI80).

Finally, two charred seeds of poppy were recognised (squares JG78 and JJ81). A charred fragment of capsule of opium poppy (Fig. 11) was recovered in the water-screened material from square JH80.

#### Potential weeds

The number of potential weeds in charred state was low (Table 4). They are mostly annuals, except for *Vicia sepium* which is a hemicryptophyte with vegetative reproduction. Most of them are classified as ‘big-free-heavy’, according to the classification of G. Jones (1984). Particularly noteworthy is the relatively large number of legumes. These could have been classified as climbing taxa. No plants of low height were identified.

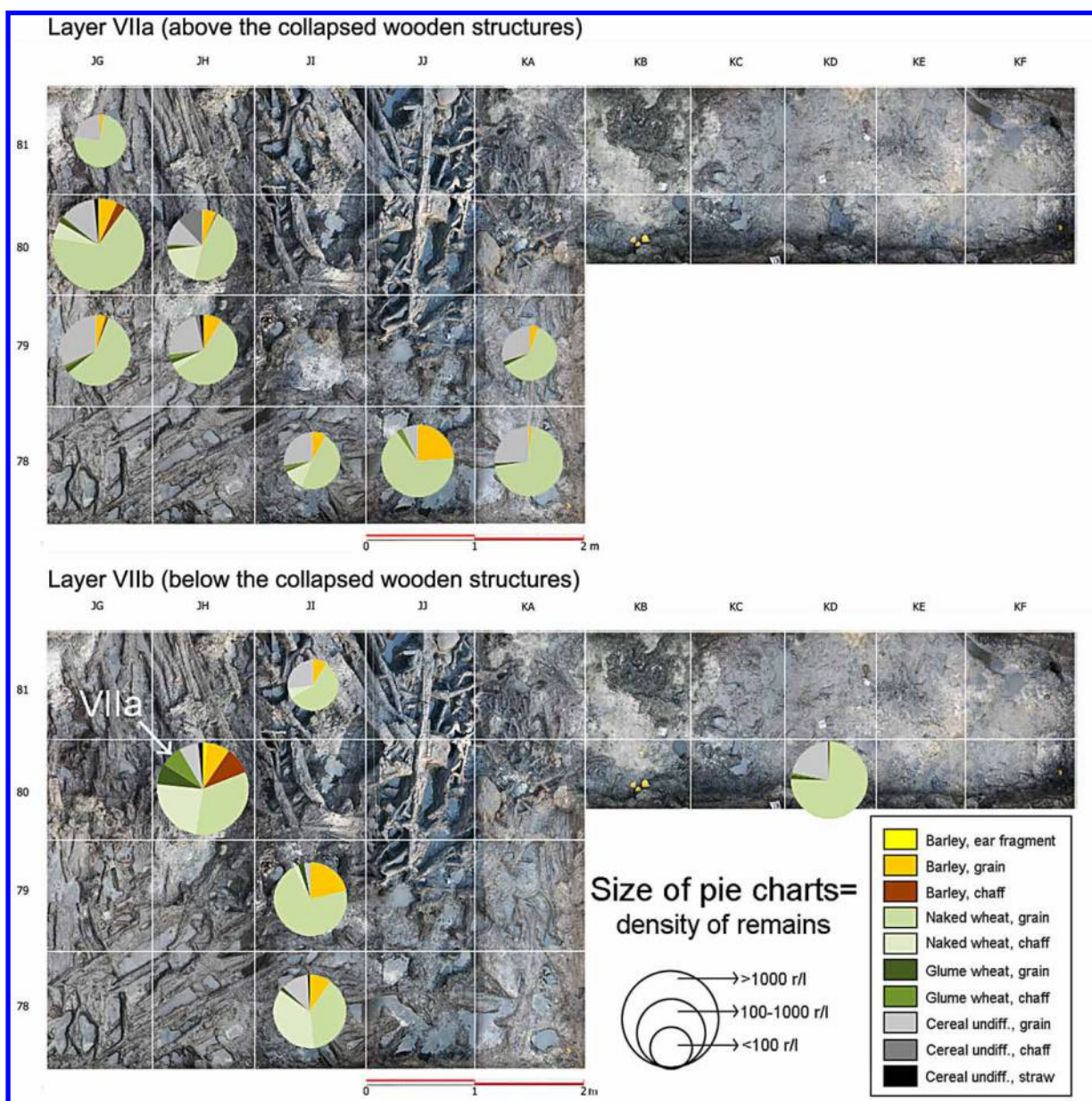


Figure 10 Relative proportions between the different charred cereal remains presented per sample.

The number of weeds per thousand grains was very low: between 2.5 and 15.2. JG81, JJ78 (layer VIIa) and JI78 (VIIb) had the largest concentrations. Eight samples lacked weeds.

### Taphonomy

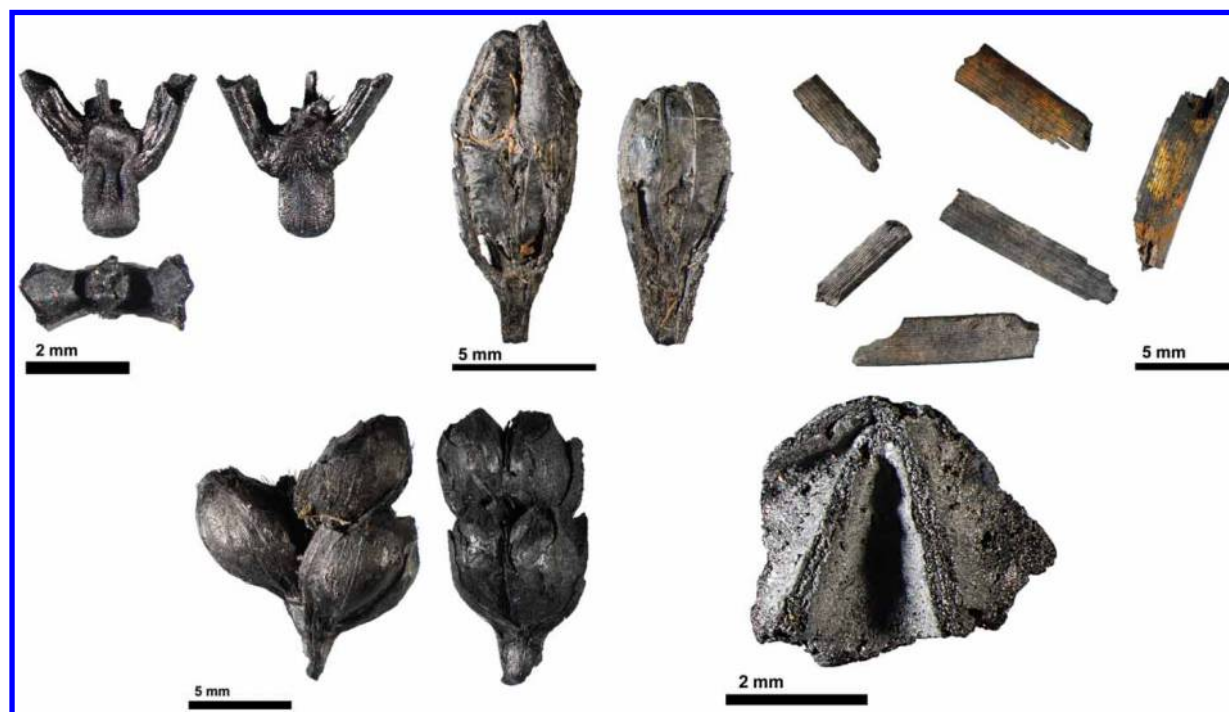
Two elements were considered to characterise the origin of the samples: the crop processing stage (following (Jones 1987)) and the evidence of processing activities on the grains themselves. All samples with more than 35 crop items were pure crops (*sensu* Bogaard 2004b, 67) except one, JH80 (VIIb), which showed a relatively high percentage of glume wheats.

On the basis of the relative proportion between chaff and grain (Table 5), barley seemed to appear in ear form in samples JG80 and JH80 (VIIb), while clean grain was recovered in JH79. Naked wheat was

mainly found as clean grain in all samples except in the two samples of square JH80 and in JI78 (layer VIIb), where the proportion of chaff was very high, even too high for a crop in ear form. Glume wheats were mostly found in spikelet form, except in JG80, where the relative proportion of chaff seemed to be somewhat lower.

### The archaeobotanical analyses: discussion

Considering the obtained results, some general observations should first be put forward. The large concentration of remains in the samples from squares JG80 and JH80 probably indicate that this was an *in situ* burnt store. Whether this was located inside a house or not is not known since the archaeological investigations of the site are ongoing. The samples from sub-phase VIIb might respond to accumulations of



**Figure 11** Images of some of the identified crops at La Draga (from left to right and from top to bottom): *Triticum* sp./new type, spikelet fork; *Hordeum distichum*, ear fragment; cf. *Cerealia*, fragments of straw; *Triticum durum/turgidum* type, ear fragment; and *Papaver somniferum*, capsule fragment (Author: F. Antolín).

**Table 4** List of potential weeds from La Draga, life form, weed category, height of the plant and number of remains (NR)

TAXA	Life form	Vegetative reproduction	Weed category	Height of the plant	NR
cf. <i>Avena</i> sp.	Therophyte	No	bfh	Tall	1
cf. <i>Bromus</i> sp.	Therophyte	No	bfh	Medium	1
<i>Lathyrus</i> sp.	Therophyte		bfh		2
<i>Lathyrus aphaca</i> type	Therophyte	No	bfh	Climbing	4
Papilionaceae			bfh		28
<i>Vicia sepium</i>	Hemicytrophite	Yes	bfh	Medium	1
<i>Vicia</i> sp. (small)			sfh		1
<i>Vicia villosa</i> type	Therophyte		bfh	Medium	3
<i>Vicia/Pisum</i>			bfh		1
Vicieae			bfh		36

**Table 5** Relative proportion of charred chaff and grain per taxon and sample and corresponding processing stage of the crop

	Hulled barley, GR	Hulled barley, CH	Naked wheat, GR	Naked wheat, CH	Glume wheat, GR	Glume wheat, CH	Barley	Naked wheat	Glume wheat
VIIa JG79	0	0	100	0	0	0		Clean grain	
VIIa JG80	65.9	34.1	92.3	7.7	83.5	16.5	Ears	Clean grain	Clean grain
VIIa JG81	0	0	100	0	0	0		Clean grain	
VIIa JH79	100	0	94.1	5.9	53.3	46.7	Grain	Clean grain	Spikelets
VIIa JH80 (VIIb)	47.1	52.9	59.2	40.8	51.6	48.4	Ears	Ears? Added chaff?	Spikelets
VIIa JH80	0	0	65.3	34.7	0	0		Ears?	
VIIa JI78	0	0	83.3	16.7	0	0		Clean grain	
VIIa JJ78	0	0	95.9	4.1	0	0		Clean grain	
VIIa KA78	0	0	99.2	0.8	0	0		Clean grain	
VIIb JI78	0	0	57.1	42.9	0	0		Ears? Added chaff?	
VIIb JI79	0	0	97.6	2.4	0	0		Grain	
VIIb JJ78	0	0	93.3	6.7	0	0		Grain	
VIIb KD80	0	0	100	0	0	0		Grain	

everyday refuse which could have got charred after multiple events. This pattern of distribution might indicate the existence of small stores which could be destined for domestic consumption and areas of refuse accumulation, which could be in the intervening spaces between the houses. Similar charred stores of grain were observed in sector B (squares JH84 and JH85) in previous works (Antolín and Buxó 2011a).

The analysis of the charred store provides us with the unique possibility of approaching crop husbandry and processing practices. But it should be remembered that this is only a ‘snapshot’ of the activities that were being carried out at the site. The resulting conclusions should be considered as partial due to the small investigated area and the reduced temporal representation of the analysed context.

Concerning the role of the different taxa, it seems that barley was harvested and stored in ear form. The values obtained would indicate that barley was only a small part of the stored crop. One could maybe speculate that it could have acted as a secondary crop, which could be consumed by humans in case of need. Barley was also very regularly but scarcely represented in previous analyses at the site (Antolín and Buxó 2011a). Glume wheats could also be a secondary crop or a contaminant in naked wheat fields. So far, no concentrations of glume wheats were recovered at the site, either in sector A or B (Antolín and Buxó 2011a). The results do not allow straightforward conclusions in this sense. The mixing of spikelets of glume wheats with clean naked wheat grain was already observed in other samples from La Draga (Antolín and Buxó 2011a). One further cultivar was identified: poppy. Remains from this taxon were mostly recovered in waterlogged state in relatively large concentrations (up to 855 r/l, but mostly in lower numbers) (Antolín, 2013). The charred fragment of a poppy capsule could be the discarded refuse from smashing capsules for obtaining the seeds. This activity could have taken place within the domestic space.

Naked wheat was probably the most important crop at the site, since our results corroborate earlier investigations (Buxó *et al.* 2000; Antolín and Buxó 2011a). Some of the new data might give interesting insights to the harvesting technique for this crop. The few available potential weeds in charred state were mainly legumes, which are usually climbing plants. Such an assemblage would be typical of a high harvesting technique. Furthermore, a large number of fragments of straw were recovered (Fig. 11), but only a very low number of nodes were found. The diameter of the fragments of straw was measured ( $n = 79$ ). These were of around 2 mm in average (0.6–5.4 mm), being 54.4% of between 0.6 and 1.8 mm and 38% of between 1.8 and 3 mm. These data are in accordance with the results of the charred stores of the lakeshore site of

Hornstaad Hörnle 1A (Maier 1999). In this case, the culm diameters were of between 0.8 and 1.5 mm of diameter and the diversity and number of weeds higher than in La Draga. This led to the authors to propose that ear harvesting was practiced at the site. This assumption would also be in agreement with the type of sickle hafts that were found at La Draga (Palomo *et al.* 2011), which do not permit a low harvest.

On the other hand, the large quantity of chaff of naked wheat recovered in some of the samples from the store area make it difficult to characterise the state in which naked wheat was kept at the moment when it was burned. Several possibilities occur to us, mainly derived from ethnographic models for grain storage (Sigaut 1988):

1. The crop was threshed and winnowed but the by-products from winnowing were kept for later uses. They became mixed because of post-depositional factors.
2. The crop was stored in ear form, without threshing, the so-called *primitive model*.
3. The harvested crop was threshed but not winnowed and stored with chaff.
4. The harvested crop was threshed and winnowed and part of the winnowing by-products was used as isolating material for the storage of the grain.

A linear correlation (Pearson’s correlation) was conducted between the concentration values per sample of charred grain and chaff of naked wheat of sub-phase VIIa and the correlation value was of 5.7, which is a strong positive correlation. It is, consequently, unlikely that this correlation is the result of a post-depositional mixing (hypothesis 1).

The important presence of grain fragments produced prior to charring would indicate that the grain had been threshed (Antolín 2012). The major presence of weeds of ‘big-free-heavy’ type would also be characteristic of threshed and winnowed crops. The amount of chaff in some of the samples (JH80 (VIIb)) is above that which should be obtained if the crop had been in ear form (hence discarding the storage in ear form, hypothesis 2).

It is almost not possible to discern between hypotheses 3 and 4 at the present state of research. The stored drop could have been threshed in the domestic space, on a low-scale basis (for instance, using a stone or a flint knife), a first separation of the chaff could have been done manually and used as isolating material and the final winnowing could take place just before consumption. Otherwise, if threshing and winnowing had taken place on a larger scale, the chaff would have most likely been kept aside and used for animal foddering (for recent investigations on the use of chaff – and grain – to feed livestock see, for instance, Kühn *et al.* 2013).

The information on the conditions of growth of the plants is minimal due to the scarcity of charred weeds and the difficulties of determining their nature as weeds. Nevertheless, the available record lacks evidence in favour of shifting agriculture (*sensu* Bogaard 2002). The fact that the identified taxa were mostly annuals would indicate that the cultivation of the fields was permanent, while the presence of plants with vegetative reproduction could indicate intensive soil perturbation. This is in agreement with younger lakeshore settlements of the circumalpine region (e.g. Maier 1999; Hosch and Jacomet 2004). The environmental data presented above describe a densely wooded area around the settlement, which would also agree with the existence of small permanent plots, rather than large and extensively exploited areas.

**Final integrated discussion and conclusions**

The presented data allow several conclusions concerning farming practices at La Draga. First of all, domestic animals were the main contribution of animal origin to the diet of the population of La Draga. The herding strategies were of mixed type, where no specialisation in one taxon was observed. The exploitation of animal products was diversified, meat being the main exploited product but also milk and labour force. There is evidence for the keeping of the flocks in the village, like the high presence of neonates and infantiles. One could add to these lines of evidence the recent identification of dung in some of the sediment samples (Kühn and Revelles unpublished). The access to the different domestic taxa seems to be rather homogeneous in the analysed area and so household

management of the flocks might be possible, especially for the medium-sized animals.

The archaeobotanical data established that no evidence for shifting agriculture was documented at the site. Permanent small fields were probably cultivated. A high harvesting technique (ear harvesting) would leave the stubble for flocks to graze, facilitating the manuring (by grazing animals) of the plots, allowing their continuous cultivation during long periods of time. At the moment when the settlement burnt down there was grain mixed with chaff present in the settlement. Whether this is the way people stored their cereals is not clear. However, some kind of domestic storage – similar to younger lake dwellings of the circumalpine region – seems probable. It was observed that barley was stored in ear form. The cultivation of poppy and its processing at a household scale is proposed.

What do these results mean in terms of farming practices? As already mentioned above, a number of variables have been considered as relevant for the definition of the four main farming models that have been proposed to explain farming practices in Neolithic Europe. Part of these variables and (if possible) their ideal nature in each of the models is presented in Table 6. Besides, the results obtained for each variable at La Draga are also presented in order to compare them with the ethnographic models. Nevertheless, it should be mentioned that these are the ideal characteristics of each model but they might change due to a large number of factors of social, economic or environmental nature. For this reason, it is necessary to take into consideration as many variables as possible in order to reach a satisfactory conclusion.

**Table 6** Characteristics of the four farming models proposed for Neolithic farming in comparison to the results obtained at La Draga

	Farming models				Archaeological case study
	Shifting agriculture	Floodplain agriculture	Intensive mixed farming	Extensive farming	La Draga
Importance of hunting in the diet	High	–	No	No	No
Flock diversity	Low	–	Medium	Low	Medium
Most abundant animals in herds	Pigs/hens	Cattle	Sheep/goats	Cattle	Sheep/goats
Number of domestic animals	Low	–	Medium	High	Medium
Multiple uses of domestic animals	No	No	Yes	Yes	Yes
Systematic exploitation of milk	No	No	Yes	No	Yes
High risk of loss of animals in winter	No	–	Yes	Yes	Yes
Keeping of animals close to the settlement	–	–	Yes	No	Yes
Need for intensive leaf foddering	No	–	Yes	No	No direct evidence
Use of pastures or transhumance	No	–	No	Yes	No direct evidence
Crop diversity	High	–	Medium	Low	Medium
Intensive use of manure	No	No	Yes	No	No direct evidence
Intensive weeding of the plots	No	No	Yes	No	Yes (?)
High harvesting of the crops	–	–	Yes	No	Yes
Agricultural processing in the domestic space	–	–	Yes	No	Yes
Impact on the immediate landscape	High	Low	Low	High	Low

The results obtained for the majority of variables under consideration support an intensive mixed farming model. Further analyses should be carried out in order to know whether systematic manuring was practiced or whether the livestock were fed around the site or taken to other regions where larger pastures could have been available. Besides, the study of dung remains from the site might provide interesting data concerning animal feeding practices.

Analogous analyses for this chronology and region are not available. Nevertheless, similar results to the ones presented here were obtained when such integrated approaches were conducted in sites like Arbon-Bleiche 3 (Jacomet *et al.* 2004), which is around 2000 years younger than La Draga. Other variables should be incorporated into this analysis in future work, such as isotope analyses on animal bone and grains, along with the data concerning wild fruit consumption and animal foddering practices at the site.

## Acknowledgements

FA is member of the research group AGREST (2009 SGR 734). This research is part of the project 'Organización social de las primeras comunidades agrícola-ganaderas a partir del espacio doméstico: arquitectura en madera y áreas de procesado y consumo de alimentos' (HAR2012-38838-C02-02), financed by the Ministerio de Economía y Competitividad of Spain. Part of the results presented in this paper was developed within the project: HAR2011-25826, Domesticación animal y prácticas ganaderas en el occidente Mediterráneo (9300–2500 cal BC), funded by the Ministerio de Ciencia e Innovación (Spain), and was performed in the framework of research team GRLA (UAB-1792) (Grup de Recerca del Laboratori d'Arqueozoologia, UAB). We would like to thank Amy Bogaard for her advice on the interpretation of the data and Glynis Jones for sharing her opinions on the taphonomy of ears of barley.

## References

Aguilera, M., Ferrio, J. P., Araus, J. L., Tarrús, J. and Voltas, J. 2011. Climate at the onset of western Mediterranean agriculture expansion: evidence from stable isotopes of sub-fossil oak tree rings in Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **299**(3–4), 541–51.

Amorosi, T. 1989. *A Postcranial Guide to Domestic Neo-Natal and Juvenile Mammals: The Identification and Aging of Old World Species*. Oxford: Archaeopress (BAR International Series 533).

Antolín, F. 2012. Experimental archaeology as a resource for approaching formation processes of seed assemblages. First results and future perspectives. *Estrat Crític* **6**, 35–48.

Antolín, F. 2013. *Of cereals, poppy, acorns and hazelnuts. Plant economy among early farmers (5400–2300 cal BC) in the NE of the Iberian Peninsula. An archaeobotanical approach*. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, <http://hdl.handle.net/10803/128997>.

Antolín, F. and Buxó, R. 2011a. L'explotació de les plantes: contribució a la història de l'agricultura i de l'alimentació vegetal del Neolític a Catalunya, pp. 147–74 in Bosch, A., Chinchilla, J. and Tarrús, J. (eds.), *El poblat lacustre del Neolític antic de la Draga. Excavacions 2000–2005*. Girona: CASC – Museu d'Arqueologia de Catalunya (Monografies del CASC, 9).

Antolín, F. and Buxó, R. 2011b. Proposal for the systematic description and taphonomic study of carbonized cereal grain assemblages: a case study of an early Neolithic funerary context in the cave of Can Sadurní (Begues, Barcelona province, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany* **20**, 53–66.

Antolín, F., Blanco, A., Buxó, R., Caruso, L., Jacomet, S., López, O., Marlasca, R., Palomo, A., Piqué, R., Saña, M. and Terradas, X. 2013. The application of systematic sampling strategies for bioarchaeological studies in the Early Neolithic Lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain). *Journal of Wetland Archaeology* **13** (1), 29–49.

Arbogast, R.M., Beugnier, V., Delattre, N., Giligny, F., Maitre, A., Pétrequin, A.M., *et al.* 1997. La répartition des témoins et le fonctionnement de la cellule domestique, pp. 583–604 in Pétrequin, P. (ed.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-lacs et de Chalain (Jura) III Chalain station 3, 3200–2900 av J.-C.* Paris: Maison des Sciences de l'Homme.

Bartosiewicz, L., Van Neer, W. and Lentacker, A. 1997. *Draught Cattle: Their Osteological Identification and History*. Tervuren: Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale, Sciences Zoologiques, vol. 281.

Bogaard, A. 2002. Questioning the relevance of shifting cultivation to Neolithic farming in the loess belt of Europe: evidence from the Hambach Forest experiment. *Vegetation History and Archaeobotany* **11**: 155–68.

Bogaard, A. 2004a. The nature of early farming in Central and South-east Europe. *Documenta Praehistorica* **XXXI**, 49–58.

Bogaard, A. 2004b. *Neolithic Farming in Central Europe*. London: Routledge.

Bogaard, A., Charles, M., Twiss, K. C., Fairbairn, A., Yalman, N., Filipovic, D., Demiregi, G. A., Ertug, F., Russell, N. and Henecke, J. 2009. Private pantries and celebrated surplus: storing and sharing food at Neolithic Çatalhöyük, Central Anatolia. *Antiquity* **83**, 649–68.

Bosch, A., Chinchilla, J. and Tarrús, J. (coord.) 2000. *El poblat lacustre neolític de la Draga. Excavacions de 1990 a 1998*. Girona: CASC-MAC (Monografies del CASC, 2).

Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J., Lladó, E. and Saña, M. 2008. Uso y explotación de los bóvidos en el asentamiento de la Draga (Banyoles, Catalunya), IV Congreso del Neolítico Peninsular, MARQ, Museo Arqueológico de Alicante, Alicante, 326–31.

Boserup, E. 1967. *Las condiciones del desarrollo en la agricultura*. Madrid: Tecnos.

Brown, L. D. S., Christofferson, D. V. M., Massler, D. D. S. and Weiss, M. S. 1960. Postnatal tooth development in cattle. *American Journal of Veterinary Research* **21**(80), 7–34.

Bull, G. and Payne, S. 1982. Tooth eruption and epiphyseal fusion in pigs and wild boar, pp. 55–71 in Wilson, B., Grigson, C. and Payne, S. (eds.), *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. Oxford: Archaeopress (BAR International Series 109).

Burjachs, F. 2000. Les dades palinològiques, pp. 46–50 in Bosch, A., Chinchilla, J. and Tarrús, J. (eds.), *El poblat lacustre Neolític de la Draga. Excavacions de 1990 a 1998*. Girona: CASC-Museu d'Arqueologia de Catalunya (Monografies del CASC, 2).

Buxó, R., Rovira, N. and Sauch, C. 2000. Les restes vegetals de llavors i fruits, pp. 129–40 in Bosch, A., Chinchilla, J. and Tarrús, J. (eds.), *El poblat lacustre neolític de la Draga. Excavacions de 1990 a 1998*. Girona: Museu d'Arqueologia de Catalunya (Monografies del CASC, 2).

de Bolòs, O., Vigo, J., Masalles, R. M. and Ninot, J. M. 2005. *Flora manual dels Països Catalans* (3a edn). Barcelona: Pòrtic.

de Cupere, B., Lentacker, A., Van Neer, W., Walkens, M. and Verslype, L. 2000. Osteological evidence for the draught exploitation of cattle: first applications of a new methodology. *International Journal of Osteoarchaeology* **10**, 254–67.

Ebersbach, R. 2002. *Von Bauern und Rindern. Eine Ökosystemanalyse zur Bedeutung der Rinderhaltung in bäuerlichen Gesellschaften als Grundlage zur Modellbildung im Neolithikum*. Basel: Schwabe & Co. (Basler Beiträge zur Archäologie, Band 15).

Ebersbach, R. 2010. My farmland – our livestock. Forms of subsistence farming and forms of sharing in peasant communities,

- pp. 159–82 in Benz, M. (ed.), *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).
- Grant, A. 1982. The use of tooth wear as a guide to the age of domestic ungulates, pp. 91–108 in Wilson, R., Grigson, C. and Payne, S. (eds.), *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. Oxford: Archaeopress (BAR British Series, 109).
- Halstead, P. 1981. Counting sheep in Neolithic and Bronze Age Greece, pp. 307–39 in Hodder, I., Isaac, G. and Hammond, N. (eds.), *Pattern of the Past. Studies in Honour of David Clarke*. Great Britain: Cambridge University Press.
- Halstead, P. 1998. Ask the fellows who lop the hay: leaf-fodder in the mountains of Northwest Greece. *Rural History* 9(2), 211–34.
- Halstead, P. 2006. Sheep in the garden: the integration of crop and livestock husbandry in early farming regimes of Greece and Southern Europe, pp. 42–55 in Serjeantson, D. and Field, D. (eds.), *Animals in the Neolithic of Britain and Europe. Neolithic Studies Group Seminar Papers 7*. Great Britain: Oxbow Books.
- Halstead, P. 2012. Las transformaciones económicas del Neolítico en Europa, pp. 27–40 in Rojo, M., Garrido, R. and García, I. (coords.), *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo*. Madrid: Cátedra.
- Hillman, G., Mason, S. L. R., de Moulins, D. and Nesbitt, M. 1996. Identification of archaeological remains of wheat: the 1992 London workshop. *Circaea* 12(2), 195–209.
- Hosch, S. and Jacomet, S. 2004. Ackerbau und Sammelwirtschaft. Ergebnisse der Untersuchung von Samen und Früchten, pp. 112–57 in Jacomet, S., Leuzinger, U. and Schibler, J. (eds.), *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3 Umwelt und Wirtschaft*. Switzerland: Archäologie im Thurgau, 12.
- Hosch, S. and Zibulski, P. 2003. The influence of inconsistent wet-sieving procedures on the macroremain concentration in waterlogged sediments. *Journal of Archaeological Science* 30, 849–57.
- Isaakidou, V. 2011. Farming regimes in Neolithic Europe: gardening with cows and other models, pp. 90–112 in Hadjikoimis, A., Robinson, E. and Viner, S. (eds.), *Dynamics of Neolithisation in Europe. Studies in Honour of Andrew Sherratt*. Oxford: Oxbow Books.
- Jacomet, S. and Brombacher, C. 2005. Reconstructing intra-site patterns in Neolithic lakeshore settlements: the state of archaeobotanical research and future prospects, pp. 69–94 in della Casa, P. and Trachsel, M. (eds.), *Wetland Economies and Societies. Proceedings of the International Conference in Zurich, 10–13 March 2004*. Zurich: Chronos.
- Jacomet, S., Leuzinger, U. and Schibler, J. 2004. *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon – Bleiche 3. Umwelt und Wirtschaft*. Frauenfeld: Archäologie im Thurgau, 12.
- Jacomet, S. 2006. *Identification of Cereal Remains from Archaeological Sites*. Archaeobotany Lab, IPAS, Basel University. [http://ipna.unibas.ch/archbot/pdf/Cereal\\_Id\\_Manual\\_engl.pdf](http://ipna.unibas.ch/archbot/pdf/Cereal_Id_Manual_engl.pdf).
- Jones, G. 1984. Interpretation of archaeological plant remains: ethnographic models from Greece, pp. 43–61 in van Zeist, W. and Casparie, W. A. (eds.), *Plants and Ancient Man*. Rotterdam: Balkema.
- Jones, G. 1987. A statistical approach to the archaeological identification of crop processing. *Journal of Archaeological Science* 14, 311–23.
- Kenward, H., Hall, A. and Jones, A. 1980. A tested set of techniques for the extraction of plant and animal microfossils from waterlogged archaeological deposits. *Science and Archaeology* 22, 3–15.
- Kühn, M., Maier, U., Herbig, C., Ismail-Meyer, K., Le Bailly, M. and Wick, L. 2013. Methods for the examination of cattle, sheep and goat dung in prehistoric wetland settlements with examples from the sites Alleshausen-Taschenwiesen and Alleshausen-Grundwiesen (around cal 2900 BC) at Lake Federsee, south-west Germany. *Journal of Environmental Archaeology* 18(1), 43–57.
- Maier, U. 1999. Agricultural activities and land use in a Neolithic village around 3900 B.C.: Hornstaad Hörmle I A, Lake Constance, Germany. *Vegetation History and Archaeobotany* 8, 87–94.
- Palomo, A., Gibaja, J. F., Piqué, R., Bosch, A., Chinchilla, J. and Tarrús, J. 2011. Harvesting cereals and other plants in Neolithic Iberia: the assemblage from the lake settlement at La Draga. *Antiquity* 85, 759–71.
- Piqué, R. 1996. La gestió dels recursos forestals a la Draga (Banyoles, Pla de l'Estany). I Congrés del Neolític a la Península Ibèrica. Gavà-Bellaterra. 1995. Rubricatum, 57–61.
- Piqué, R. 2000. Els materials llenyosos, pp. 141–9, in Bosch, A., Chinchilla, J. and Tarrús, J. (eds.), *El poblat lacustre neolític de la Draga. Excavacions de 1990 a 1998*. Girona: MAC-CASC (Monografies del CASC, 2).
- Robb, J. 2007. *The Early Mediterranean Village. Agency, Material Culture, and Social Change in Neolithic Italy*. USA: Cambridge University Press.
- Rowley-Conwy, P. 1981. Slash and burn in the temperate European Neolithic, pp. 85–96 in Mercer, R. (ed.), *Farming in British Prehistory*. Edinburgh: University Press.
- Saña, M. 2000. La gestió i explotació dels recursos animals, pp. 150–64 in Bosch, A., Chinchilla, J. and Tarrús, J. (eds.), *El poblat lacustre neolític de La Draga: excavacions de 1990 a 1998*. Girona: Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC.
- Saña, M. 2011. La gestió dels recursos animals, pp. 177–212, in Bosch, A., Chinchilla, J. and Tarrús, J. (eds.), *El poblat lacustre del Neolític antic de la Draga. Excavacions 2000–2005*. Girona: Museu d'Arqueologia de Catalunya (Monografies del CASC, 9).
- Schneider, H. K. 1957. The subsistence role of cattle among the Pakot and in East Africa. *American Anthropologist* 59(2), 278–300.
- Sherratt, A. 1980. Water, soil and seasonality in early cereal cultivation. *World Archaeology* 11, 313–30.
- Sigaut, F. 1988. A method for identifying grain storage techniques and its application for European agricultural history. *Tools & Tillage* VI(1), 3–32.
- Silver, A. 1969. The ageing of domestic animals, pp. 283–302 in Brothwell, D. R. and Higgs, E. S. (eds.), *Science in Archaeology*. London: Thames and Hudson.
- Tarrús, J. 2008. La Draga (Banyoles, Catalonia), an early Neolithic lakeside village in Mediterranean Europe. *Catalan Historical Review* 1, 17–33.
- Tarrús, J., Saña, M., Chinchilla, J. and Bosch, A. 2006. La Draga (Banyoles, Catalogne): traction animale à la fin du VI<sup>e</sup> millénaire? pp. 25–30 in Pétrequin, P., Arbogast, R. M., Pétrequin, A. M., Van Willigen, S. and Bailly, M. (eds.), *Premiers chariots, premiers araires. La diffusion de la traction animale en Europe pendant les IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires avant notre ère*. CRA Monographies 2. Paris: CNRS Éditions.
- Tolar, T., Jacomet, S., Veluscek, A. and Cufar, K. 2010. Recovery techniques for waterlogged archaeological sediments: a comparison of different treatment methods for samples from Neolithic lake shore settlements. *Vegetation History and Archaeobotany* 19, 53–67.
- Valamoti, S.M. 2002. Food remains from Bronze Age Archondiko and Mesimeriani Tomba in northern Greece?. *Vegetation History and Archaeobotany* 11, 17–22.
- Vigne, J.-D. and 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, 9–40.
- von den Driesch, A. 1976. *A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites*. Harvard: Harvard University Press.
- Zohary, D., Hopf, M. and Weiss, E. 2012. *Domestication of Plants in the Old World* (4th edition). Oxford: Oxford University Press.

### **5.3. Representación de la gestión ganadera en sus momentos iniciales**

Uno de los aspectos más importantes en el estudio de las primeras prácticas ganaderas es la caracterización de los procesos de trabajo destinados a la gestión y explotación del animal (cría y producción animal). El estudio de las primeras prácticas ganaderas implica la reconstrucción de la composición de los rebaños y a los procesos de trabajo destinados a la explotación y producción animal, así como a los procesos destinados al mantenimiento y crecimiento de los animales. En este sentido, uno de los aspectos fundamentales a la hora de analizar las estrategias ganaderas de los primeros rebaños de animales domésticos es conocer los procesos de trabajo implicados en el mantenimiento de los animales vivos (alimentación, reproducción, control de movilidad), que a la vez son cuestiones clave para profundizar en los cambios asociados al Neolítico.

Es evidente el vacío de información que actualmente existe en torno a las estrategias de gestión ganaderas, y la dificultad que existe para caracterizar y conocer estos procesos de trabajo a partir de métodos arqueozoológicos. Algunos métodos indirectos permiten caracterizar en parte las operaciones involucradas en el control y mantenimiento de los animales domésticos, como la identificación de áreas de estabulación a partir de los análisis de parásitos (Pino y Morales, 2002; Maicher et al., 2017) o los análisis de DNA sedimentario (Barba, 2007). Otro procedimiento se basa en los análisis de distribución espacial de los restos de fauna con el objetivo de localizar las áreas de cría animal. Pero en la mayoría de yacimientos estas actividades y trabajos carecen de evidencias materiales directas ya sea por cuestiones tafonómicas o por la poca visibilidad material con que cuenta la actividad ganadera, basada está más en el control y conocimiento de los animales que no en la adecuación de espacios o en la construcción de estructuras específicas.

Para el caso que nos ocupa, la integración de análisis de isótopos estables se ha trabajado como una vía que posibilita incidir directamente en la dinámica y régimen de vida de las poblaciones animales vivas. Se presenta a continuación el desarrollo y aplicación de esta vía analítica a partir de dos trabajos, uno primero en el que se evalúa el papel de la alimentación en la cría y reproducción de las primeras poblaciones de cerdos domésticos y, un segundo artículo en el que se enfatiza la variabilidad en las estrategias alimentarias implementadas en el seno de una comunidad a inicios del Neolítico.



5.3.1. Navarrete, V; Colonese, A; Tornero, C; Antolín, A; Von der Tresch, M; Subirà, M.E; Comes, P; Rosell, A; Saña, M. 2017. Foddering strategies among the earliest domesticated pigs in the NE Iberian Peninsula (5700-4500 cal BC). *International Journal of Osteoarchaeology* 27(5): 839-852. <https://doi.org/10.1002/oa.2598>

*The socio-economic relevance of domesticated animals during the Early Neolithic in the Iberian Peninsula is indisputable, yet we essentially know little about the way they were managed. Among domesticated animals, pig (*Sus domesticus*) was a common food source and previous studies have shown the potential of stable isotopes for assessing variability in pig diet in relation to husbandry practices. Nevertheless, this approach has never been applied to the earliest pigs in the Iberian Peninsula. We analyzed the carbon and nitrogen stable isotope composition of pig bone collagen from several Early Neolithic sites in the NE Iberian Peninsula. While pig  $\delta^{13}\text{C}$  values were similar across different populations, there were significant differences in  $\delta^{15}\text{N}$  values between sites. These are attributed to different pig husbandry systems, which may reflect distinct social and spatial organization and interaction with environmental conditions during the Early Neolithic in this region.*


5.3.2. Navarrete, V; Tornero, C; Balasse, M; Saña, M. submitted. Food habits of early introduced caprine and bovine herds in the Iberian Peninsula: an isotopic approach. *Quaternary International*.

*The arrival of early farmers and their livestock in the Western Mediterranean during the Early Neolithic implied a new way of life in northeast Iberia. This process has tended to be explained as a success, bearing in mind the durability of the introduced economic strategies, which are still practised today, and their apparently momentous outcome. In this sense, the introduction of livestock must have played a fundamental role although little is known about the way the newly-arrived domestic animals were managed. In this sense, the management of food habits of domestic animals could be a key factor to understand the success of herding systems during early steps in the introduction and adaptation of domesticates in the Iberian Peninsula. Sequential analyses of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values in tooth enamel crowns are here used to provide detailed information about dietary inputs of early caprine and bovine herds introduced into the Iberian Peninsula. Our study was carried out at La Draga (5201-4721 cal BC), a site on the eastern side of Lake Banyoles (Girona, NE Iberian Peninsula). Data shows that caprine and bovine herds followed different dietary habits. While sheep food habits could be related to lacustrine plant-*

*sources all year round and seasonal changes were reduced, goat and cattle herds display food habits that could involve foddering by storing agricultural by-products during specific-season times, probably linked to reproductive strategies. This information helps to reconstruct the way how these early Neolithic communities found the way to success in the new territories of the Western Mediterranean.*



# Feeding Management Strategies among the Early Neolithic Pigs in the NE of the Iberian Peninsula

V. NAVARRETE,<sup>a\*</sup>  A. C. COLONESE,<sup>b</sup> C. TORNERO,<sup>c</sup> F. ANTOLÍN,<sup>d</sup>  
M. VON TERSCH,<sup>b</sup> M. EULÀLIA SUBIRÀ,<sup>e</sup> P. COMES,<sup>f</sup> A. ROSELL-MELÉ<sup>f,9</sup> AND  
M. SAÑA<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Laboratori d'Arqueozoologia, Department of Prehistory, Autonomous University of Barcelona, Catalonia Spain

<sup>b</sup> BioArCh, Department of Archaeology, University of York, York, UK

<sup>c</sup> Institute of Human Paleocology and Social Evolution (IPHES), Tarragona, Spain

<sup>d</sup> Integrative Prehistoric and Archaeological Science (University of Basel), Basel, Switzerland

<sup>e</sup> GRAPAC, Unitat d'Antropologia Biològica, Department of Animal Biology, Plant Biology and Ecology, Autonomous University of Barcelona, Catalonia Spain

<sup>f</sup> Institute of Environmental Science and Technology, Autonomous University of Barcelona, Catalonia Spain

<sup>9</sup> Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA), Catalonia Spain

**ABSTRACT** The socio-economic relevance of domesticated animals during the Early Neolithic in the Iberian Peninsula is indisputable, yet we essentially know little about the way they were managed. Among domesticated animals, pig (*Sus domesticus*) was a common food source, and previous studies have shown the potential of stable isotopes for assessing variability in pig diet in relation to husbandry practices. Nevertheless, this approach has never been applied to the earliest pigs in the Iberian Peninsula. We analysed the carbon and nitrogen stable isotope composition of pig bone collagen from several Early Neolithic sites in the NE Iberian Peninsula. While pig  $\delta^{13}\text{C}$  values were similar across different populations, there were significant differences in  $\delta^{15}\text{N}$  values between sites. These are attributed to different pig husbandry systems, which may reflect distinct social and spatial organisation and interaction with environmental conditions during the Early Neolithic in this region. Copyright © 2017 John Wiley & Sons, Ltd.

**Key words:** early neolithic; husbandry practices; Iberian Peninsula; pig diet; stable carbon and nitrogen isotopes

Supporting information may be found in the online version of this article.

## Introduction

The establishment of farmers and their domesticates marked a turning point in the socio-economic and cultural landscape of the western Mediterranean in the Middle Holocene. Livestock management practices in the Early Neolithic contributed to the emergence of new work processes, integrated new products in the human diet and catalysed the transformation of natural environments (Barker, 2005; Blondel, 2006; Zeder, 2008). With some exceptions in the north of the

Iberian Peninsula, the hunting of wild game declined in most regions, while livestock became the most important source of animal meat and other secondary products (Altuna & Mariezkurrena, 2011; Guerra *et al.*, 2008; Marín & Morales, 2009; Saña, 1998). The farming practices included complementary exploitation of pig, cattle, sheep and goat (Altuna & Mariezkurrena, 2011; Saña, 2013).

Among domesticated animals, pigs (*Sus domesticus*) played a role as meat supplier during the establishment of farmers in the Iberian Peninsula (Saña, 1998, 2013). Their relative abundance varied considerably between sites dated to early Neolithic periods (from 4 to 23.9% of domestic animals), suggesting different scales of husbandry regimes (Saña, 2013; Saña *et al.*, 2015), but the form of these practices still remains highly

\* Correspondence to: Vanessa Navarrete, Laboratori d'Arqueozoologia, Department of Prehistory, Autonomous University of Barcelona, 08193, Catalonia, Spain.  
e-mail: vanessa.navarrete@uab.cat

elusive. Traditional husbandry practices may have involved home-based systems with complete to partial stabling of herds in close proximity to settlements, or extensive management of herds in semi-free to free-range regimes. While these management practices are known from modern traditional communities in northern Mediterranean areas (Albarella *et al.*, 2007; Hadjikoumis, 2012) and have been also postulated for prehistoric groups in Europe (Balasse *et al.*, 2016), their occurrence during the Neolithic in the NE Iberian Peninsula remains unclear. This gap in our knowledge prevents a full understanding of the socio-environmental significance of animal management practices during the establishment of early farming communities in this region.

Husbandry practices usually imply some degree of human control over animal diet in order to ensure their adaptation to and performance in local environmental conditions, promote health and prevent diseases. Due to their omnivorous nature, pigs have access to a broad range of food sources which can be mediated by cultural practices. Under human control, pig diets can be manipulated and supplemented with agricultural and animal products. Individual animal diets can be investigated using stable carbon ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) and nitrogen ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) isotope compositions of organic tissues, such as collagen in bone (Ambrose, 1993; DeNiro & Epstein, 1978; Schwarcz & Schoeninger, 1991; Sealy, 2001). Previous studies have demonstrated the potential of bulk collagen carbon and nitrogen stable isotopes for determining the degree

of omnivory in pig feeding behaviour, and this information has been used to reconstruct pig management strategies in prehistoric and historic times (Balasse *et al.*, 2015, 2016; Hamilton & Thomas, 2012; Hamilton *et al.*, 2009; Madgwick *et al.*, 2012; Matsui *et al.*, 2005; Pechenkina *et al.*, 2005).

In this paper, we investigate the stable isotope ecology of pigs from six Early Neolithic sites in the NE Iberian Peninsula dating between ca. 5700 and 4200 cal BC (Figure 1). Using stable carbon and nitrogen isotope analysis, we assess the main dietary components of the pigs in relation to wild and domestic herbivores, omnivores and carnivores, and discuss the implications for understanding the variability of husbandry practices in this region.

### Stable isotope analysis of bulk collagen

Collagen is the major protein in bone, and its carbon and nitrogen isotope composition are indicative of individual diet over a relatively long period of time (e.g. 5–15 years depending on the age; Hedges *et al.*, 2007; Hedges & Reynard, 2007). Dietary information derived from collagen  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values is generally biased toward the protein fraction in the diet (Ambrose & Norr, 1993; Schwarcz & Schoeninger, 1991; Sealy, 2001). In diets with inadequate amounts of proteins for tissue synthesis, the carbon isotopes may also originate from other macronutrients such as lipids and carbohydrates (Ambrose & Norr, 1993; Craig

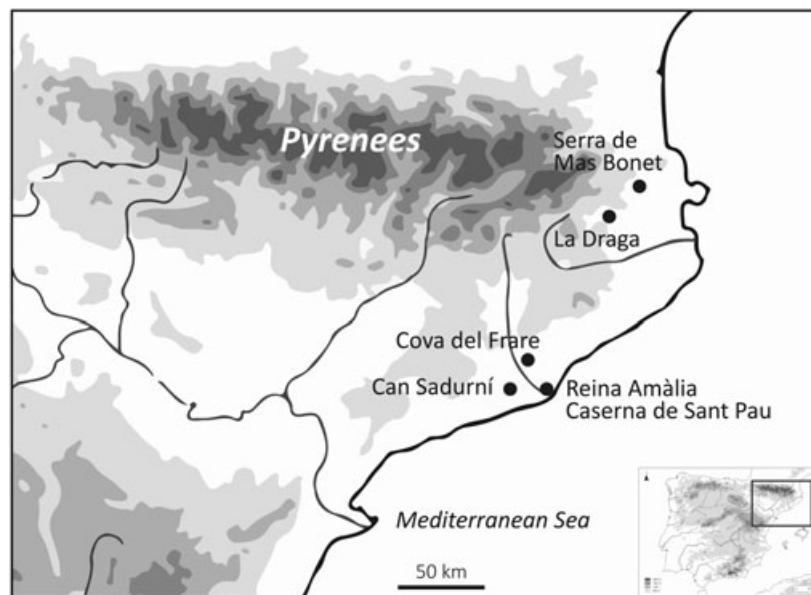


Figure 1. Location of the sites in the northeastern Iberian Peninsula.

et al., 2013; Jim et al., 2004; Tieszen et al., 1983). Stable carbon isotopes differ greatly between terrestrial, marine and estuary ecosystems (Bocherens et al., 1991, 1995; Schoeninger & DeNiro, 1984), and between plants with different photosynthetic pathways ( $C_3$  and  $C_4$  plants) (O'Leary, 1988), thus providing a means of discriminating between macronutrients from distinct isotopic sources in diet.

Nitrogen isotopes are obtained exclusively from dietary protein, with  $\delta^{15}N$  values generally reflecting the trophic position of the food source due to relatively large and predictable isotopic fractionations (ca. +3‰ to +6‰) through the foodweb (Ambrose, 1993; O'Connell et al., 2012; Schoeninger & DeNiro, 1984). Moreover, bulk collagen  $\delta^{15}N$  values of humans and animals from agricultural contexts can potentially record changes in the abundance of  $^{15}N$  in plant–soil systems due to land management practices, such as the addition of animal fertilisers (Bogaard et al., 2007; Szpak, 2014). When placed within the context of the local ecosystem, nitrogen stable isotopes can thus provide valuable information about the trophic level of food sources in pig diet, as well as spatio-temporal changes in agricultural strategies (Balasse et al., 2015, 2016; Hamilton & Thomas, 2012; Madgwick et al., 2012; Müldner & Richards, 2005).

## Archaeological settings

Faunal remains were sampled from six early dated Neolithic sites located in the NE Iberian Peninsula (Table 1), distributed from the Eastern Pyrenees to the Mediterranean coast. Their elevations range from 960 m asl (cova del Frare) to 7 m asl (Caserna de Sant Pau). The majority of the sites are open settlements in coastal (Reina Amàlia, Caserna de Sant Pau and Serra de Mas Bonet) and inland areas (La Draga), while others are inland cave sites (cova del Frare and Can Sadurní). Faunal and plant remains have been widely

recovered in all sites during excavations, with zooarchaeological and archaeobotanical studies being developed over the past several years.

La Draga is a lakeshore settlement  $^{14}C$  dated to 5201–4721 cal BC at Lake Banyoles, 170 m asl (Palomo et al., 2014; Terradas et al., 2015). The site is estimated to encompass approximately 8000 m<sup>2</sup>, while an area of about 800 m<sup>2</sup> has been excavated. A large fraction of the archaeological record is underwater or in waterlogged environments, which has allowed excellent preservation of organic remains. The subsistence economy involved the exploitation of domestic and wild animals including mammals, fish, birds and molluscs (Saña, 2011, 2013). Agricultural practices are attested to by rich macrobotanical assemblages including *Hordeum distichum*, *Triticum durum/turgidum*, *Triticum aestivum*, *Triticum dicoccum*, *Triticum monococcum*, *Triticum* sp., *Vicia faba* and *Pisum sativum* (Antolin & Buxó, 2012; Antolín et al., 2014; Buxó, 2007). Farming was the main economic activity, followed by hunting and gathering of wild plants (Antolín et al., 2014; Saña, 2013).

Reina Amàlia and the adjacent site of Caserna de Sant Pau are coastal settlements located in Barcelona. At 25 m asl and  $^{14}C$  dated to 4611–4373 cal BC (González et al., 2011), the site at Reina Amàlia has a surface area of at least 200 m<sup>2</sup>, consisting of a group of habitation structures (50 m<sup>2</sup>), including burials, where the subsistence economy involved the exploitation of domesticated animals (*S. domesticus*, *Ovis aries*, *Capra hircus* and *Bos taurus*), complemented with wild fauna (Saña & Navarrete, 2016). Agricultural practices are similarly attested to by the remains of *Hordeum vulgare* var. *nudum* and *T. aestivum/durum/turgidum* and *T. dicoccum* (Antolín, 2016). The site of Caserna de Sant Pau has been successively occupied during the Neolithic, with the phase analysed in this study  $^{14}C$  dated to 5372–5076 cal BC (Molist et al., 2008). The excavated area corresponds to approximately 800 m<sup>2</sup>. This site also consists of structures (silos),

Table 1. Conventional radiocarbon date along with calibrated radiocarbon ages using OxCal 4.2 software (IntCal13; Reimer et al., 2013)

Site	Location	Level	$^{14}C$ yr BP	Material	$^{14}C$ yr cal BP (2 $\sigma$ )	$^{14}C$ yr cal BC (2 $\sigma$ )	Reference	Lab-code
Serra de Mas Bonet	Gerona	—	—	Animal bone	—	4900–4600	Rosillo et al., 2010	—
La Draga	Gerona	—	6010 ± 70	Animal bone	7150–6670	5201–4721	Terradas et al., 2015	Beta-298438
Cova del Frare	Barcelona	C6	6150 ± 40	Animal bone	7165–6942	5216–4993	This study	Beta-436332
	Barcelona	C5	6020 ± 40	Animal bone	6950–6770	5000–4820	Oms, 2014	Beta-325687
Reina Amàlia	Barcelona	I–II–III	5670 ± 40	Animal bone	6560–6322	4611–4373	González et al., 2011	Beta-259278
Caserna de Sant Pau	Barcelona	—	6290 ± 50	Animal bone	7321–7025	5372–5076	Molist et al., 2008	Beta-236174
Can Sadurní	Barcelona	10b/11	5540 ± 40	Animal bone	6405–6284	4456–4335	Edo et al., 2011	Beta-210653
	Barcelona	17	6050 ± 110	Charcoal	7240–6659	5291–4710	Blasco et al., 1999	Beta-127898

and individual and double burials. Subsistence included the exploitation of domestic animals (*S. domesticus*, *O. aries*, *C. bircus* and *B. taurus*) (Colominas et al., 2008) and plants (*H. vulgare*, *H. vulgare* var. *nudum*, *T. aestivum/durum*, *T. dicoccum*, *V. faba* and *P. sativum*) (Buxó & Canal, 2008), along with wild resources (Buxó & Canal, 2008; Colominas et al., 2008; Molist et al., 2008).

Cova del Frare is a cave located in the massif of Sant Llorenç de Munt at 960 m asl and was occupied from the Early Neolithic to the Bronze Age. The Early Neolithic deposits analysed in this work were <sup>14</sup>C dated to 5216–4993 cal BC (Martín et al., 2009). The cave has been interpreted as a seasonal dwelling for Neolithic shepherds, with storage bins, household waste and tool production debris having been recovered at the site (Martín et al., 2010). The local economy included four main domestic animals—*S. domesticus*, *O. aries*, *C. bircus* and *B. taurus*. No archaeobotanical analyses have been performed on the site as it was excavated in the early 1980s when sampling for such analyses was not common practice in the study area.

Can Sadurní is a cave located in the massif of the Serra de Garraf at 420 m asl. In this work, we analysed Early Neolithic deposits from the site <sup>14</sup>C dated to 5291–4710 cal BC (Layer 17) and 4456–4335 cal BC (Layer 10b/11) (Edo et al., 2011). Plant remains suggest that the cave was used as a stall during the Early Neolithic (Edo et al., 2011), and this seems to be supported by archaeozoological analysis (Saña et al., 2015). The subsistence economy involved the exploitation of domesticated animals (*S. domesticus*, *O. aries*, *C. bircus* and *B. taurus*) (Saña et al., 2015), and agricultural practices are well represented by several crops, such as *H. vulgare*, *Hordeum distichon*, *H. vulgare* var. *nudum*, *T. aestivum/durum*, *T. dicoccum*, *T. monococcum*, *Lens culinaris*, *P. sativum*, *Papaver somniferum* and possibly also *Linum usitatissimum* (Antolín, 2016; Antolín et al., in press). Wild resources were also exploited at the site (as evidenced by *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Pinus* sp., *Quercus* sp. and *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*, and *Sus scrofa*, *Capra pyrenaica* and *Capreolus capreolus*) (Antolín et al., 2015; Blasco et al., 1999; Saña et al., 2015).

Finally, Serra de Mas Bonet is a settlement in Vilafant, at 75 m asl and <sup>14</sup>C dated to 4900–4600 cal BC (Rosillo et al., 2010). The analysed material derived from two structures interpreted as silos; however, their spatial distribution appears random, and the total surface area of the site could not be assessed. Farming was the principal economic activity at the site, with the rearing of domesticated animals (*S. domesticus*, *O. aries*, *C. bircus* and *B. taurus*) (Saña, 2014). No direct evidence of plant remains was found for this settlement phase, probably due to poor sampling or preservation

conditions of the organic remains at the site (Antolín, 2016).

## Material and methods

### Selection of faunal samples

From the six Early Neolithic sites, 92 pig individuals were selected from layers dated between 5372 and 5076 to 4456–4335 cal BC, for stable carbon and nitrogen isotope analysis (Tables 1 and 2). In order to establish the local  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  isotopic baselines of the pigs, we also selected a range of herbivores ( $n = 70$ ), including domestic (*O. aries*, *C. bircus*, *B. taurus*) and wild animals (*Cervus elaphus*, *C. pyrenaica*, *C. capreolus*, *Oryctolagus cuniculus*), carnivores ( $n = 15$ ) (*Meles meles*, *Martes martes*, *Felis sylvestris*, *Canis familiaris*, *Vulpes vulpes*) and a few wild boar ( $n = 5$ ) (*S. scrofa*). Wild boar, which represents only a minor fraction of suids found at these sites, were previously distinguished from domesticated pigs based on osteometric data (Albarella et al., 2005; Altuna & Mariezkurrena, 2011; Hain, 1982), using a data-driven approach of Payne & Bull (1988) and Albarella et al. (2009) (SI1–2). Samples for stable isotope analyses consisted of adult specimens and included the diaphysis of long bones, maxilla and mandibular diastema. Whenever possible, specimens were selected to represent individual animals by sampling the same-sided portion of a specific element. Specimens available from Reina Amàlia and Caserna de Sant Pau were combined to form a single assemblage (Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau) as they were located adjacent to one another.

### Collagen extraction and stable isotope analysis

Collagen extraction and stable isotope analysis were performed at the Unitat d'Antropologia Biològica (Departament Animal Biology, Plant Biology and Ecology) and Laboratori d'Arqueozoologia (Department of Prehistory) at the Autonomous University of Barcelona (Spain). Some samples were also extracted and analysed at the BioArCh facilities in the Department of Archaeology, University of York (UK). Collagen extraction followed similar protocols in both labs. Bones were cleaned mechanically to remove the surface, and the extraction followed a modified Longin method (Brown et al., 1988); details can be found in previous studies (e.g. Craig et al., 2010). In short, shards of bones (ca. 200 to 300 mg) were demineralised using 0.6 M HCl, at 4°C for several days, then rinsed with ultrapure water (milli-Q®) and

Table 2. Results from isotopic analysis of faunal samples

Site	Specimens ID	Niv	Species ID	Skeleton part	%yield	%C	%N	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	C:N	LAB
Cova del Frare	48	C5	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	1.4	36	13	-20.1	6.3	3.2	UAB
Cova del Frare	50	C5	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	5.8	43	15	-20.0	6.0	3.3	UAB
Cova del Frare	45	C5	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	6.7	43	15	-19.6	5.8	3.3	UAB
Cova del Frare	67	C5	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	4.7	41	15	-19.9	6.0	3.2	UAB
Cova del Frare	46	C5	<i>Sus scrofa</i>	Mandible	1.3	31	11	-19.9	4.5	3.3	UAB
Cova del Frare	68	C5	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	4.3	39	15	-20.7	6.9	3.0	UAB
Cova del Frare	53	C5	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	4.9	43	15	-20.0	5.0	3.3	UAB
Cova del Frare	49	C6	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	3.0	39	14	-19.8	4.4	3.3	UAB
Cova del Frare	54	C5	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	4.0	42	15	-20.1	6.9	3.3	UAB
Cova del Frare	52	C6	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	2.7	42	15	-20.2	6.3	3.3	UAB
Cova del Frare	47	C5	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.7	42	14	-19.9	4.4	3.5	UAB
Cova del Frare	51	C6	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	5.9	38	13	-20.1	4.2	3.4	UAB
Cova del Frare	66	C5	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	4.9	42	15	-19.9	5.7	3.3	UAB
Cova del Frare	36	C6	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	3.1	40	14	-20.3	5.5	3.3	UAB
Cova del Frare	60	C6	<i>Bos taurus</i>	Metatarsus	3.7	34	12	-19.4	5.3	3.3	UAB
Cova del Frare	63	C6	<i>Capra hircus</i>	Humerus	2.3	40	15	-20.1	6.9	3.1	UAB
Cova del Frare	57	C5	<i>Capra hircus</i>	Humerus	4.7	41	15	-20.3	3.9	3.2	UAB
Cova del Frare	56	C5	<i>Capra hircus</i>	Humerus	5.2	41	15	-20.6	4.2	3.2	UAB
Cova del Frare	62	C6	<i>Capra hircus</i>	Humerus	2.4	42	15	-20.6	3.5	3.3	UAB
Cova del Frare	58	C5	<i>Capra hircus</i>	Humerus	1.9	33	12	-20.3	6.6	3.2	UAB
Cova del Frare	72	C5	<i>Capra hircus</i>	Metacarpus	6.9	41	15	-20.2	4.1	3.2	UAB
Cova del Frare	65	C6	<i>Capreolus capreolus</i>	Metatarsus	3.2	34	13	-20.2	3.9	3.1	UAB
Cova del Frare	55	C5	<i>Cervus elephus</i>	Metatarsus	4.1	39	14	-18.6	5.4	3.3	UAB
Cova del Frare	69	C5	<i>Cervus elephus</i>	Tibia	4.1	39	15	-21.1	4.8	3.0	UAB
Cova del Frare	61	C6	<i>Ovis aries</i>	Humerus	4.3	40	15	-19.9	6.6	3.1	UAB
Cova del Frare	73	C5	<i>Ovis aries</i>	Tibia	5.7	41	15	-20.9	4.3	3.2	UAB
Caserna de Sant Pau	99	XV	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	1.4	32	11	-20.9	9.0	3.4	UAB
Caserna de Sant Pau	94	XXV	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.7	40	14	-21.4	7.3	3.3	UAB
Caserna de Sant Pau	82	XXV	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	1.1	36	12	-20.7	6.1	3.5	UAB
Caserna de Sant Pau	93	XVIII	<i>Sus domesticus</i>	Radius	1.2	37	14	-20.7	8.9	3.1	UAB
Caserna de Sant Pau	86	XVII	<i>Sus domesticus</i>	Tibia	1.6	43	16	-20.7	6.7	3.1	UAB
Caserna de Sant Pau	92	XXIII	<i>Capra hircus</i>	Humerus	2.5	42	16	-19.8	6.8	3.1	UAB
Caserna de Sant Pau	90	XII	<i>Bos taurus</i>	Metacarpus	2.4	40	14	-21.6	6.6	3.3	UAB
Caserna de Sant Pau	88	XVII	<i>Ovis aries</i>	Metatarsus	2.1	39	14	-21.3	7.2	3.3	UAB
Can Sadurní	44	10	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.4	33	12	-19.2	7.1	3.2	UAB
Can Sadurní	42	10	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	2.7	37	13	-19.8	7.5	3.3	UAB
Can Sadurní	43	11b	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.9	40	14	-19.9	6.2	3.3	UAB
Can Sadurní	122	17	<i>Sus scrofa</i>	Phalanx	1.0	37	13	-20.0	7.6	3.3	UAB
Can Sadurní	126	17	<i>Capra hircus</i>	Mandible	0.4	31	11	-20.1	4.7	3.3	UAB
Can Sadurní	129	10	<i>Bos taurus</i>	Metatarsus	2.7	35	13	-20.1	4.1	3.1	UAB
Can Sadurní	132	10	<i>Canis familiaris</i>	Metatarsus	2.3	43	16	-19.0	8.0	3.1	UAB
La Draga	2	B	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	3.0	43	16	-21.1	4.1	3.1	UAB
La Draga	16	B	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	7.2	42	15	-20.6	4.0	3.3	UAB
La Draga	20	B	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	9.4	42	14	-20.5	4.5	3.5	UAB
La Draga	10	B	<i>Sus domesticus</i>	Tibia	4.3	42	15	-20.0	5.1	3.3	UAB
La Draga	18	B	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	2.9	42	14	-20.7	4.3	3.5	UAB
La Draga	1	B	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	4.1	42	15	-20.7	4.6	3.3	UAB
La Draga	5	B	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	1.3	36	12	-21.4	5.6	3.5	UAB
La Draga	7	A	<i>Sus domesticus</i>	Radius	5.6	39	14	-19.1	7.5	3.3	UAB
La Draga	D-26	A	<i>Sus domesticus</i>	Tibia	3.3	41	15	-20.3	5.1	3.2	York
La Draga	21	B	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	4.9	42	14	-20.8	5.2	3.5	UAB
La Draga	17	B	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	5.1	43	15	-20.9	4.0	3.3	UAB
La Draga	15	B	<i>Sus domesticus</i>	Tibia	10.6	44	15	-21.0	4.9	3.4	UAB
La Draga	12	B	<i>Sus domesticus</i>	Radius	9.7	42	15	-21.0	6.7	3.3	UAB
La Draga	11	B	<i>Sus domesticus</i>	Radius	5.1	42	15	-20.4	5.0	3.3	UAB
La Draga	8	B	<i>Sus domesticus</i>	Radius	3.1	42	15	-20.6	5.3	3.3	UAB
La Draga	9	B	<i>Sus domesticus</i>	Tibia	2.3	42	15	-20.9	4.7	3.3	UAB
La Draga	19	B	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	6.2	43	14	-19.8	5.1	3.6	UAB
La Draga	4	A	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	1.2	40	13	-21.0	3.6	3.6	UAB
La Draga	28	D	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	1.1	37	12	-20.7	5.6	3.6	UAB
La Draga	26	D	<i>Sus domesticus</i>	Tibia	3.8	42	15	-20.2	4.3	3.3	UAB
La Draga	29	B	<i>Sus domesticus</i>	Radius	6.7	43	15	-20.4	4.8	3.3	UAB
La Draga	27	B	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	4.2	42	15	-20.3	5.0	3.3	UAB
La Draga	D-18	B	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	6.9	42	15	-20.2	5.2	3.3	York
La Draga	D-34	B	<i>Meles meles</i>	Humerus	1.2	35	12	-21.3	12.6	3.5	York

(Continues)



Table 2. (Continued)

Site	Specimens ID	Niv	Species ID	Skeleton part	%yield	%C	%N	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	C:N	LAB
La Draga	<b>165</b>	B	<i>Bos taurus</i>	Humerus	7.6	36	13	-18.8	6.3	3.2	UAB
La Draga	<b>163</b>	B	<i>Bos taurus</i>	Tibia	2.3	36	13	-19.8	5.4	3.2	UAB
La Draga	<b>D-28</b>	B	<i>Canis familiaris</i>	Tibia	6.6	41	15	-21.5	6.5	3.2	York
La Draga	<b>159</b>	B	<i>Capra hircus</i>	Humerus	2.8	38	13	-20.3	5.9	3.4	UAB
La Draga	<b>10A</b>	B	<i>Capra pyrenaica</i>	Humerus	5.7	42	15	-21.8	4.5	3.3	UAB
La Draga	<b>20A</b>	B	<i>Capra pyrenaica</i>	Humerus	3.2	35	12	-20.1	3.7	3.4	UAB
La Draga	<b>13A</b>	B	<i>Capra pyrenaica</i>	Metacarpus	9.1	36	12	-20.3	5.0	3.5	UAB
La Draga	<b>D-10</b>	B	<i>Capreolus capreolus</i>	Humerus	4.2	29	10	-21.9	4.4	3.4	York
La Draga	<b>D-6</b>	B	<i>Cervus elephus</i>	Phalanx	2.1	45	15	-21.0	4.3	3.5	York
La Draga	<b>D-11</b>	B	<i>Meles meles</i>	Humerus	7.8	47	17	-19.0	7.7	3.2	York
La Draga	<b>162</b>	B	<i>Ovis aries</i>	Tibia	1.0	34	12	-19.0	4.7	3.3	UAB
La Draga	<b>160</b>	B	<i>Ovis aries</i>	Radius	2.2	38	13	-20.5	4.6	3.4	UAB
Reina Amàlia	<b>137</b>	FIII	<i>Sus scrofa</i>	Humerus	0.7	29	10	-19.3	7.4	3.4	UAB
Reina Amàlia	<b>136</b>	FII	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	1.7	34	13	-19.5	8.0	3.1	UAB
Reina Amàlia	<b>149</b>	FII	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.4	34	13	-20.3	8.6	3.1	UAB
Reina Amàlia	<b>140</b>	FI	<i>Sus domesticus</i>	Radius	1.8	42	16	-19.6	7.8	3.1	UAB
Reina Amàlia	<b>143</b>	FI	<i>Sus domesticus</i>	Maxilla	1.2	32	12	-20.1	7.9	3.1	UAB
Reina Amàlia	<b>147</b>	FI	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.0	35	13	-21.0	7.3	3.1	UAB
Reina Amàlia	<b>139</b>	FI	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	1.6	34	13	-20.8	7.9	3.1	UAB
Reina Amàlia	<b>138</b>	FII	<i>Sus domesticus</i>	Humerus	1.3	35	13	-19.4	5.3	3.1	UAB
Reina Amàlia	<b>145</b>	FII	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.6	36	13	-20.2	8.7	3.2	UAB
Reina Amàlia	<b>146</b>	FI	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	0.7	33	11	-21.1	7.6	3.5	UAB
Reina Amàlia	<b>41</b>	FI	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.3	40	14	-21.0	6.3	3.3	UAB
Reina Amàlia	<b>40</b>	FI	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.9	42	15	-20.6	8.5	3.3	UAB
Reina Amàlia	<b>144</b>	FI	<i>Sus domesticus</i>	Mandible	1.5	40	14	-21.4	7.3	3.3	UAB
Reina Amàlia	<b>142</b>	FI	<i>Sus scrofa</i>	Metatarsus	1.3	36	13	-20.3	6.6	3.2	UAB
Reina Amàlia	<b>141</b>	FII	<i>Sus scrofa</i>	Metatarsus	1.1	36	14	-20.0	5.6	3.0	UAB
Reina Amàlia	<b>150</b>	FII	<i>Bos taurus</i>	Metatarsus	1.3	40	15	-20.2	4.9	3.1	UAB
Reina Amàlia	<b>151</b>	FIV	<i>Bos taurus</i>	Tibia	1.0	31	11	-20.5	6.1	3.3	UAB
Reina Amàlia	<b>155</b>	FII	<i>Capra pyrenaica</i>	Radius	1.1	38	14	-20.2	4.8	3.2	UAB
Serra de Mas Bonet	<b>181</b>	—	<i>Sus domesticus</i>	Tibia	1.5	32	11	-20.4	5.0	3.4	UAB
Serra de Mas Bonet	<b>180</b>	—	<i>Sus domesticus</i>	Metacarpus	1.6	37	13	-19.7	7.4	3.3	UAB
Serra de Mas Bonet	<b>182</b>	—	<i>Sus domesticus</i>	Phalanx	1.7	37	12	-20.5	6.2	3.6	UAB
Serra de Mas Bonet	<b>171</b>	—	<i>Canis familiaris</i>	Mandible	0.6	36	12	-19.0	11.1	3.5	UAB
Serra de Mas Bonet	<b>174</b>	—	<i>Capra hircus</i>	Humerus	0.6	27	10	-20.8	6.5	3.2	UAB

gelatinised with 0.001 M HCl at 80°C for 48 h. Samples were then ultrafiltered (30 kDa, Amicon® Ultra-4 centrifugal filter units; Millipore, MA, USA), frozen and freeze dried.

Collagen samples (0.3 mg) were analysed in duplicate using a Thermo Flash 1112 elemental analyser (EA) coupled to a Thermo Delta V Advantage isotope ratio mass spectrometer (IRMS) with a Conflo III interface, at the Institute of Environmental Science and Technology, Autonomous University of Barcelona. The international laboratory standard IAEA 600 (caffeine) was used as a control. The average analytical error was <0.2‰ (1 $\sigma$ ) as determined from the duplicate analyses of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ . Some samples were analysed at the University of York (1 mg) in duplicate or triplicate on another EA-IRMS in a GSL analyser coupled to a 20–22 mass spectrometer (Sercon, Crewe, UK). The analytical error for both  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values, calculated from repeated measurements of each sample and measurements of the bovine control from multiple extracts, was also <0.2‰ (1 $\sigma$ ). The standard used for  $\delta^{13}\text{C}$  was Vienna

PeeDee Belemnite (V-PDB), and the standard for  $\delta^{15}\text{N}$  was air  $\text{N}_2$  (AIR). Samples ( $n = 3$ ) and in-house collagen standards ( $n = 1$  bovine control) were analysed in both IRMS system to ensure accuracy.

Comparison between  $\delta^{13}\text{C}$  values of wild and domestic herbivores, pig, wild boar and carnivores was performed using one-way ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ), after checking for normal distribution with the Shapiro–Wilk test for normality ( $\alpha = 0.05$ ). The null hypothesis that the data were normally distributed was rejected for the  $\delta^{15}\text{N}$  values. Thus comparison between the  $\delta^{15}\text{N}$  values was performed using the Kruskal–Wallis test ( $\alpha = 0.05$ ). All statistical tests were performed in PAST 3.x (Hammer et al., 2001).

## Results

### Collagen preservation

The results of the stable isotopes and collagen quality indicators are reported in the Figure 2 and Table 2.

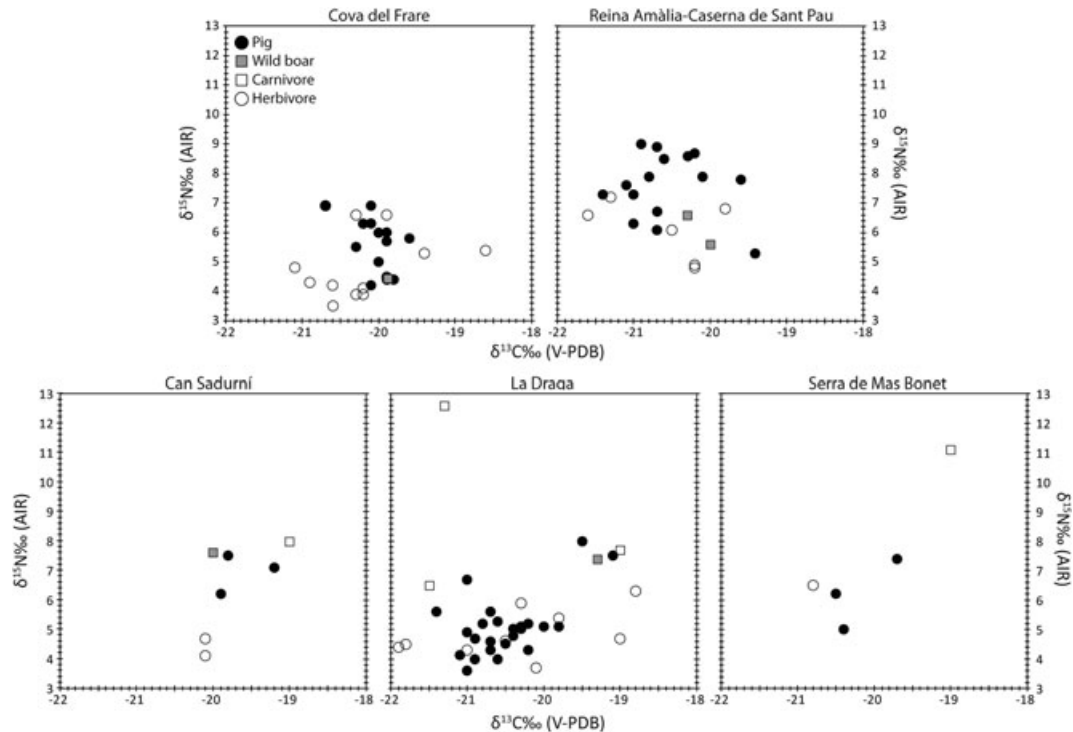


Figure 2. Bone collagen  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of animals from cova del Frare, Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau, Can Sadurní, La Draga and Serra de Mas Bonet.

Out of a total of 182 specimens, collagen was successfully extracted from 100 (55%). Collagen yields were extremely variable, ranging from 0.4 to 10.6 mg. The C% and N% ranged from 27 to 47%, and 10 to 17%, respectively, with C:N ratios ranging from 3.1 to 3.6 and falling within the values proposed by DeNiro (1985) and Van Klinken (1999) for preserved collagen. We also applied a cut-off of 13 and 4.8% for C% and N%, respectively, as recommended by Ambrose (1990, 1993).

### $\delta^{13}\text{C}$ values

The average  $\delta^{13}\text{C}$  values of pigs exhibited little variability between sites (Figure 2), ranging from  $-20.6 \pm 0.6\text{‰}$  (Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau;  $n = 16$ ) to  $-19.6 \pm 0.7\text{‰}$  (Can Sadurní;  $n = 3$ ). However, pigs from Can Sadurní were significantly enriched in  $^{13}\text{C}$  by approximately  $1\text{‰}$  compared to La Draga ( $n = 24$ ) and Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau ( $p = 0.003$ ,  $f = 4.37$ ). The average  $\delta^{13}\text{C}$  values of herbivores ranged from  $-20.6 \pm 0.7\text{‰}$  (Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau;  $n = 6$ ) to  $-20.2 \pm 0.7\text{‰}$  (cova del Frare;  $n = 12$ ) and were statistically indistinguishable between sites ( $p = 0.6031$ ,  $f = 0.516$ ). Moreover, no significant differences were found between the  $\delta^{13}\text{C}$  values of wild and domestic herbivores at cova del Frare ( $n = 12$ ) and La Draga

( $n = 10$ ;  $p > 0.05$ ), the only sites with sufficient specimens for statistical comparison. Comparison between pig and herbivore  $\delta^{13}\text{C}$  values was possible for cova del Frare, Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau and La Draga (Figure 3A). At all of these sites, the  $\delta^{13}\text{C}$  values of pigs and herbivores were statistically indistinguishable ( $p > 0.05$ ). Due to the low number of sampled specimens ( $n = 5$ ), the average  $\delta^{13}\text{C}$  values of wild boar could not be compared between sites; however, the lowest wild boar  $\delta^{13}\text{C}$  value was found at Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau ( $-20.3\text{‰}$ ), while the highest was found at La Draga ( $-19.3\text{‰}$ ). Finally, the  $\delta^{13}\text{C}$  values of carnivores varied between sites, but the highest variability was found at La Draga ( $n = 3$ ), where the  $\delta^{13}\text{C}$  values of European badger (*M. meles*) ranged from  $-19$  to  $-21.5\text{‰}$ .

### $\delta^{15}\text{N}$ values

The average  $\delta^{15}\text{N}$  values of pigs ranged from  $+5.1 \pm 1.6\text{‰}$  (La Draga) to  $+7.6 \pm 1.1\text{‰}$  (Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau), and these differences were statistically significant ( $p < 0.001$ ). In particular, pigs from Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau and from Can Sadurní were enriched in  $^{15}\text{N}$  by an average of  $2.5\text{‰}$  compared to specimens from La Draga and cova del Frare ( $n = 13$ ) ( $p = 0.030$ ). The average  $\delta^{15}\text{N}$  values of herbivores ranged from  $+4.9 \pm 1.1\text{‰}$  (La Draga;

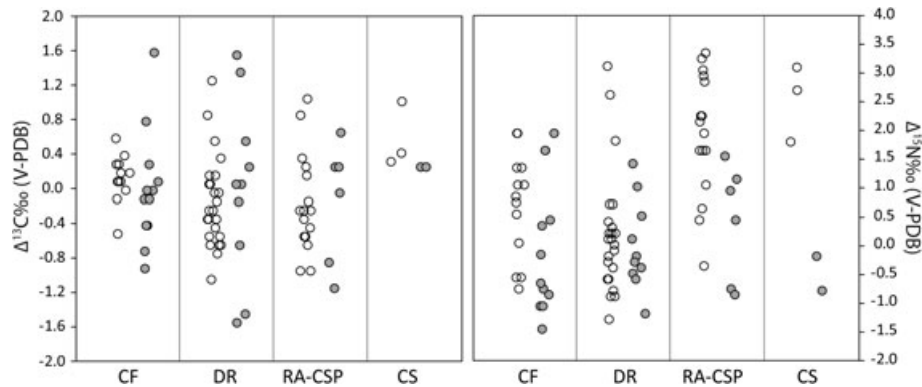


Figure 3. A–B.  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of pigs (unfilled circle) corrected for the average  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of herbivores ( $\Delta$ ‰) for cova del Frare (CF), La Draga (DR), Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau (RA-CSP) and Can Sadurní (CS). We also corrected the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of herbivores for their average  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values (filled circles) in order to show their isotopic variability.

$n = 10$ ) to  $+6.1 \pm 1\text{‰}$  (Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau;  $n = 6$ ). Although the herbivores from Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau were on average enriched in  $^{15}\text{N}$  by  $\sim 1.2\text{‰}$  compared to those from La Draga and Can Sadurní, these differences were statistically insignificant ( $p = 0.070$ ). The  $\delta^{15}\text{N}$  values of wild and domestic herbivores were statistically indistinguishable at cova del Frare ( $n = 12$ ) ( $p = 0.852$ ). However, the domestic herbivores were significantly  $^{15}\text{N}$  enriched by  $0.6\text{‰}$  compared to the wild ones at La Draga ( $p = 0.028$ ). The  $\delta^{15}\text{N}$  values of pigs were statistically indistinguishable from those of wild and domestic herbivores at cova del Frare and La Draga ( $p > 0.05$ ). Conversely, the  $\delta^{15}\text{N}$  values of pigs from Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau were significantly higher by an average of  $1.6\text{‰}$  compared to the herbivores ( $p = 0.008$ ) (Figure 3B). The  $\delta^{15}\text{N}$  values of wild boar were highly variable, with the highest values found at Can Sadurní ( $+7.6\text{‰}$ ) and La Draga ( $+7.4\text{‰}$ ), and the lowest at cova del Frare ( $+4.5\text{‰}$ ) and Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau ( $+5.6\text{‰}$ ). Interestingly, the  $\delta^{15}\text{N}$  values of wild boar from Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau fall within the range of herbivores and are lower than domestic pigs across most sites. The  $\delta^{15}\text{N}$  values of carnivores were also variable across all sites, ranging from  $+6.5\text{‰}$  (dog, *C. familiaris*) to  $+12.6\text{‰}$  (European badger) at La Draga. The  $\delta^{15}\text{N}$  values of badgers justify their inclusion in the carnivore group.

## Discussion

### Source of carbon and nitrogen in pig diet

The  $\delta^{13}\text{C}$  values of the analysed specimens fall within the expected values for  $\text{C}_3$  plant ecosystems (O'Leary, 1988), which dominated the vegetation composition

in the NE Iberian Peninsula during the early–middle Holocene (Burjachs, 2000; Jalut et al., 2009; Revelles et al., 2016). Given the insignificant or small difference between the  $\delta^{13}\text{C}$  ( $0.3\text{‰}$ ) and  $\delta^{15}\text{N}$  ( $0.6\text{‰}$ ) values of domestic and wild herbivores for each site, we combined them to obtain a more robust average isotopic baselines for interpreting pig  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values. The  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of herbivores show very small to insignificant differences between sites, and present narrow ranges ( $3.3\text{‰}$  and  $3.7\text{‰}$  respectively). Using a carbon isotope fractionation of  $\sim 5\text{‰}$  between whole plant and consumer's bone collagen (Ambrose & Norr, 1993), and a correction ( $\sim +1.5\text{‰}$ ) due to the fossil fuel effect when applied to pre-industrial ecosystems (Friedli et al., 1986; Hellevang & Aagaard, 2015), the highest  $\delta^{13}\text{C}$  values in herbivorous animals (e.g.  $> -19\text{‰}$ ) could be explained by the consumption of drought-resistant vegetation, such as shrubs (e.g.  $-23\text{‰}$ ; Filella & Peñuelas, 2003). The  $\delta^{13}\text{C}$  range of the pigs from all sites is even narrower compared to the herbivores ( $2.3\text{‰}$ ), and their absolute  $\delta^{13}\text{C}$  values generally overlap with the herbivore data (Figure 3A). The results therefore indicate that pig diets were in general dominated by plant products.

Conversely to carbon, the average  $\delta^{15}\text{N}$  values of pigs varied significantly among populations. The lowest  $\delta^{15}\text{N}$  values were found in pigs from La Draga, followed by specimens from cova del Frare and Serra de Mas Bonet. In these sites, the  $\delta^{15}\text{N}$  values were generally comparable with their local wild and domestic herbivores (Figures 2 and 3B), therefore likely reflecting a diet predominantly based on plant products. The highest  $\delta^{15}\text{N}$  values were found in pigs from Can Sadurní and Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau, where the  $\delta^{15}\text{N}$  values were on average higher than the local herbivores by  $2.5$  and  $1.4\text{‰}$  respectively,

and in some cases similar to carnivore  $\delta^{15}\text{N}$  values (e.g. Can Sadurní).

### *Implications for pig husbandry practices*

There is a general consensus that the variable contribution of animal and plant macronutrients to pig diet can potentially reflect the scale of husbandry practice in the past (Balasse *et al.*, 2015, 2016; Fuller *et al.*, 2012; Halley & Rosvold, 2014; Hamilton & Thomas, 2012; Hammond & O'Connor, 2013; Madgwick *et al.*, 2012; Minagawa *et al.*, 2005; Müldner & Richards, 2005; Pechenkina *et al.*, 2005). This appears to be supported by ethnographic studies on traditional husbandry systems in Southern Europe (Italy, Spain, Greece and Corsica) that also reveal some variability in pig diet in relation to management strategies (Albarella *et al.*, 2007, 2011; Hadjikoumis, 2012; Isaakidou, 2011). Given their omnivory and foraging habits, the nitrogen isotope composition of pig bone collagen can be derived from both animal and plant proteins. Pigs raised in a home-based system with complete or temporary stabling are expected to have a more controlled diet than free-range animals. Enclosed pigs may feed predominantly on plant materials (ground cereals and legumes), but due to a higher degree of human control, they may have diets supplemented with domestic left-overs, including animal products. For pigs raised under this regime, we could hypothetically expect collagen  $\delta^{15}\text{N}$  values higher than local herbivores, although this would also depend upon other factors such as the proportions and quality of meat protein in their diets. By contrast, pigs reared in semi-free or free-range systems will likely obtain most of their nutrients from available plants, although this does not exclude some consumption of wild animals. Within this management strategy, we might expect pig collagen  $\delta^{15}\text{N}$  values to be compatible or very close to local herbivores. However, as discussed later, other interplaying factors may affect bulk collagen  $\delta^{15}\text{N}$  values (Szpak, 2014).

The  $\delta^{15}\text{N}$  values of pigs at Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau and Can Sadurní suggest a relatively high proportion of animal sources contributed to their dietary proteins, which may be associated with a home-based management system, where pigs are enclosed or relatively free to forage within the settlement. This home-based system occurs in contexts where pigs are relatively abundant, such as at Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau where they accounted for the 23.6 and 23.9% of domesticates, as well as in contexts where pigs were a minor component of livestock, such as at Can Sadurní, where pigs

accounted for 7.5% of domesticates. In addition, the presence of neonate pigs found at Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau (2.7% of pigs remains) supports the hypothesis that pigs were kept within the settlement. However, it has to be said that herbivores from Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau, predominantly domestic animals, were on average enriched in  $^{15}\text{N}$  by  $\sim 1.2\%$  compared to those from La Draga and Can Sadurní. They suggest some degree of manuring effect, which may have been subsequently propagated to pig collagen though the consumption of animal products.

Home-based management at Can Sadurní seems to be corroborated by other lines of evidence. Archaeobotanical and zooarchaeological analyses suggest that the site was used as a stall for sheep and goats (Saña *et al.*, 2015). Moreover, organic residue analysis recently detected dairy products in Early Neolithic ceramic vessels from this site, suggesting that the cave may also have been used in dairy production (Debono Spiteri *et al.*, 2016). Presumably, the small number of pigs at Can Sadurní may have been kept in enclosed regime and could have been foddered on a range of locally available sources, including animal products. Interestingly, the only specimen of wild boar analysed from Can Sadurní had a high  $\delta^{15}\text{N}$  value, comparable with those of the pigs. Whether this indicates that wild boars may have been kept enclosed along with domesticated pigs, or if their natural diet also included several animal products, remains a matter of debate. However, the number of specimens from Can Sadurní is too small to lead to conclusive interpretations.

Conversely, pigs from La Draga, cova del Frare and Serra de Mas Bonet had  $\delta^{15}\text{N}$  values consistent with their respective local herbivores, which might be associated with a free-range system. Our results indicate that pigs were fed predominantly on plant products, which might indicate that they were free to roam in forested environments. However, the relatively elevated frequency of neonates at La Draga, where no bias is expected against adult specimens due to differential preservation processes (Saña *et al.*, 2014), suggests that pigs were kept within the settlement and possibly managed at the household level (Antolín *et al.*, 2014). If this was the case, their feeding management may have predominantly included plant products, perhaps by-products of crop production (e.g. cereals, pulses). Similar interpretations have been proposed for prehistoric pigs possibly raised at the household level but on a dominantly herbivorous diet (Balasse *et al.*, 2016), and for modern pigs raised in traditional farming communities (Hadjikoumis, 2012). Two specimens from La Draga had remarkably high

$\delta^{15}\text{N}$  values, perhaps indicating variability in husbandry regimes at the local scale. This could be due to selective feeding practices, for reasons that remain unclear for us, or variability of protein intake between households (e.g. Sykes, 2014). These two specimens form a distinctive isotopic group (Figure 2), plotting along with one wild boar and one European badger, which may also indicate that some pigs were not local, but rather were raised elsewhere then brought to the site at a later stage. This seems to be supported by the large range of  $\delta^{13}\text{C}$  values of local herbivores, which again could be tentatively associated with non-local animals. Moreover, shellfish and lithic raw material sourced from coastal areas were used by Neolithic groups at La Draga (Terradas *et al.*, 2012). These independent lines of evidence suggest that La Draga was integrated within a regional trading network that may have involved circulation of livestock.

Recent studies suggest that pigs from La Draga were integrated within intensive mixed farming, where they would have had access to the fields for grazing on leftover crops while also manuring the plots (Antolín *et al.*, 2014). Interestingly, domestic herbivores at La Draga were significantly  $^{15}\text{N}$  enriched by 0.6‰ compared to the wild ones. This slight enrichment is also observed in the average  $\delta^{15}\text{N}$  values of pigs, which is higher by 0.7‰ compared with the average values of the wild herbivores. However, the enrichment in  $^{15}\text{N}$  is too low for a manuring effect if we consider the  $\delta^{15}\text{N}$  values of manured crops in several Neolithic contexts in Europe (Bogaard *et al.*, 2013; Fraser *et al.*, 2011). This could, however, be due to the isotopic resolution not being adequate to resolve short-term feeding practices. Moreover, the effect of animal dung on plant  $\delta^{15}\text{N}$  values is highly variable and depends on, among other factors, the rate of manuring and the type of fertiliser (Fraser *et al.*, 2011; Szpak, 2014). Furthermore, the increase in  $^{15}\text{N}$  is not homogenous throughout the plant, and manured cereal straws may be depleted in  $^{15}\text{N}$  relative to the grains (Bogaard *et al.*, 2007, 2013). Legumes were also documented (though scarcely) at La Draga (Berrocal *et al.*, in press), but these are typically  $^{15}\text{N}$  depleted compared to cereal grains, and their  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  only respond to a very high level of manuring (Bogaard *et al.*, 2013). The isotope results of pigs from La Draga provide new insights into feeding management practices, but the scale of husbandry remains unclear. The same can be stated for cova del Frare and Serra de Mas Bonet, where the scarce archaeological information prevents conclusive interpretations to be drawn.

Our results indicate the coexistence of distinct foddering strategies among pig populations during the

Early Neolithic in the NE Iberian Peninsula, but the scale of husbandry still remains elusive. The relative importance of pigs does not appear to be homogeneous among sites, but this does not seem to affect pig diet. However, some variability was also observed in the size of specimens found at these sites. A large size variability indeed characterised pig populations in the Iberian Peninsula during the Neolithic, resulting from different selective environmental and social pressures (Navarrete & Saña, 2017). Stable isotope analysis on single amino acids from bone collagen may provide in the future additional complementary information on pig foddering strategies. This may be complemented with nitrogen isotope analysis of plant remains that are currently under investigation.

Determining the diet of domestic animals is also essential for developing appropriate isotopic baselines for interpreting human  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values in order to derive paleodietary information. For example, relatively high  $\delta^{15}\text{N}$  values were recently observed in Neolithic human individuals in this region (Fontanals-Coll *et al.*, 2015, 2017) and were tentatively interpreted as the occasional consumption of freshwater fish. The isotopic data discussed in this work suggest that variability in pig foddering strategies provides an alternative explanation to freshwater fish consumption, assuming that pigs were a relevant source of animal protein to human diet.

## Conclusion

In this study, we analysed bulk collagen carbon and nitrogen stable isotopes of pigs from six Early Neolithic sites in the northeastern Iberian Peninsula dated between ca. 5700 and 4200 cal BC. When compared with herbivores, we observed significant differences in pig  $\delta^{15}\text{N}$  values between the sites that likely reflect variable foddering strategies. These differences may be indicative of variable management strategies, perhaps resulting from distinct adaptive responses to natural and/or social factors. In particular, a mainly herbivorous diet was detected in pig specimens from cova del Frare, La Draga and Serra de Mas Bonet, which could reflect free-range or semi-free management systems. On the other hand, a higher consumption of animal protein could be postulated for pig specimens from Can Sadurní and Reina Amàlia-Caserna de Sant Pau, which in turn would reflect household-level regimes or the presence of pigs raised in enclosures. In summary, multiple factors may have contributed to the variability in foddering strategies among the earliest farmers in this area. This study offers new elements for

discussing and opening new perspectives into early animal management strategies and the implications for understanding management strategies during the regional development of the Neolithic economy in the Iberian Peninsula.

## Acknowledgements

This work was funded by the Ministerio de Economía y Competitividad (Spain), under the project 'Producción animal y cerámica en el neolítico peninsular. Estudio biogeoquímico integrado del consumo y las prácticas culinarias' (HAR2014-60081-R). The authors thank the directors of the research in archaeological sites studied in this work for providing access to the samples. The authors thank Krista McGrath for kindly revising the English and providing constructive comments on the early drafts of this manuscript. The authors also wish to thank Gundula Müldner and Oliver Craig for productive discussions, and Matthew Collins for his constructive comments on the manuscript.

## References

- Albarella U, Davis S, Detry C, Rowley-Conwy P. 2005. Pigs of the 'Far West': the biometry of *Sus* from archaeological sites in Portugal. *Anthropozoologica* 40: 27–54.
- 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: 103–136.
- Albarella U, Manconi F, Trentacoste A. 2011. A week on the plateau: pig husbandry, mobility and resources exploitation in central Sardinia. *Ethnoarchaeology: The Present Past of Human-Animal Relationships*, U Albarella (ed.). Oxbow: Oxford; 143–159.
- Albarella U, Manconi F, Vigne JD, Rowley-Conwy P. 2007. Ethnoarchaeology of pig husbandry in Sardinia and Corsica. *Pigs and Humans. 10,000 Years of Interactions*, U Albarella, K Dobney, A Ervynck, P Rowley-Conwy (eds.). Oxford University Press: Oxford; 285–307.
- Albarella U, Payne S. 2005. Neolithic pigs from Durrington Walls, Wiltshire, England: a biometrical database. *Journal of Archaeological Science* 32: 589–599.
- Altuna J, Mariezkurrena K. 2011. Diferenciación biométrica de *Sus scrofa* y *Sus domesticus* en yacimientos arqueológicos del norte de la Península Ibérica. *Kobie Serie Paleoantropología* 30: 5–22.
- Ambrose SH, Norr L. 1993. Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. *Prehistoric Human Bone-Archaeology at the Molecular Level*, JB Lambert, G Grupe (eds.). Springer Verlag: Berlin; 1–37.
- Ambrose SH. 1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science* 17: 431–451.
- Ambrose SH. 1993. *Isotopic Analysis of Paleodiets: Methodological and Interpretive Considerations*. Food and nutrition in history and anthropology: USA.
- 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: 241–255.
- Antolín F, Buxó R. 2012. Chasing the traces of diffusion of agriculture during the early neolithic in the western mediterranean coast. *Rubricatum: Revista del Museu de Gavà* 0: 95–102.
- Antolín F, Jacomet S, Buxó R. 2015. The hard knock life. Archaeobotanical data on farming practices during the Neolithic (5400–2300 cal BC) in the NE of the Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science* 61: 90–104.
- Antolín F, Navarrete V, Saña M, Viñerta A, Cassiot E. In press. 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. 2017. *Quaternary International*.
- Antolín F. 2016. *Local, Intensive and Diverse? Early Farmers and Plant Economy in the North-East of the Iberian Peninsula (5500–2300 cal BC)*. Gröningen: Barkhuis.
- Balasse M, Balasescu A, Tornero C, Frémondeau D, Hovsepyan R, Gillis R, Popovici D. 2015. Investigating the scale of herding in chalcolithic pastoral communities settled by the Danube river in the 5th millennium BC: a case study at Bordusani-Popina and Hârsova-tell (Romania). *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.030>.
- Balasse M, Evin A, Tornero C, Radu V, Fiorillo D, Popovici D, Andreescu R, Dobney K, Cucchi T, Bălăşescu A. 2016. Wild, domestic and feral? Investigating the status of suids in the Romanian Gumelnița (5th mil. cal BC) with biogeochemistry and geometric morphometrics. *Journal of Anthropological Archaeology* 42: 27–36.
- Barker G. 2005. Agriculture, pastoralism, and Mediterranean landscapes in prehistory. *The Archaeology of Mediterranean Prehistory*, M Blake, B Knapp (eds.). Blackwell Publishing Ltd: United Kingdom; 46–76.
- Berrocal A, Antolín F, Buxó R. in press. Actividades agrícolas en La Draga (Banyoles, Pla de l'Estany): resultados del análisis carpológico de nuevos contextos excavados en el sector A. Actas del 6º Congreso del Neolítico Peninsular.
- Blasco A, Edo M, Villalba MJ, Buxó R, JuanTresserras J, Saña M. 1999. Del Cardial al Postcardial en la Cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona). Primeros datos sobre su secuencia estratigráfica, paleoeconómica y ambiental. *Saguntum Extra* 2: 5968.
- Blondel J. 2006. The 'design' of Mediterranean landscapes: a millennial story of humans and ecological systems during the historic period. *Human Ecology* 34: 713–729.
- Bocherens H, Fizet M, Mariotti A, Lange-Badré B, Vandermeersch B, Borel JP, Bellon G. 1991. Isotopic

- biogeochemistry ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) of fossil vertebrate collagen: implications for the study of a fossil food web including Neandertal Man. *Journal of Human Evolution* 20: 481–492.
- Bocherens H, Fogel ML, Tuross N, Zeder M. 1995. Trophic structure and climatic information from isotopic signatures in Pleistocene cave fauna of southern England. *Journal of Archaeological Science* 22: 327–340.
- Bogaard A, Fraser R, Heaton TH, Wallace M, Vaiglova P, Charles M, Jones G, Evershed R, Stryring A, Andersen N, Arbogast RM, Bartosiewicz L, Gardeisen A, Kanstrup M, Maier U, Marinova E, Ninov L, Schäfer M, Stephan E. 2013. Crop manuring and intensive land management by Europe's first farmers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 12589–12594.
- Bogaard A, Heaton THE, Poulton P, Merbach I. 2007. The impact of manuring on nitrogen isotope ratios in cereals: archaeological implications for reconstruction of diet and crop management practices. *Journal of Archaeological Science* 34: 335–343.
- Brown TA, Nelson EE, Vogel SJ, Southon JR. 1988. Improved collagen extraction by modified Longin method. *Radiocarbon* 30: 171–177.
- Burjachs F. 2000. El paisatge del neolític antic. Les dades palinològiques. *El poblat lacustre neolític de La Draga. Excavacions del 1990 1998*, A Bosch, J Chinchilla, J Tarrús (eds.). Monografies del CASC2: Girona, 46–54.
- Buxó R, Canal D. 2008. L'agricultura i l'alimentació vegetal. *Quarbis* 4: 54–56.
- Buxó R. 2007. Crop evolution: new evidence from the Neolithic of the West Mediterranean Europe. *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*, S Colledge, J Conolly (eds.). UCL Institute of Archaeology Publication: Routledge, 155–171.
- Colominas L, Aguillo E, Saña M, Tornero C. 2008. La gestió dels recursos animals durant les ocupacions de l'assentament de la caserna de Sant Pau. *Quarbis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona* 4: 57–63.
- Craig OE, Biazzo M, Colonese AC, Di Giuseppe Z, Martinez-Labarga C, Lo Vetto D, Lelli R, Martini F, Rickards O. 2010. Stable isotope analysis of Late Upper Palaeolithic human and faunal remains from Grotta del Romito (Cosenza), Italy. *Journal of Archaeological Science* 37: 2504–2512.
- Craig OE, Bondioli L, Fattore L, Higham T, Hedges R. 2013. Evaluating marine diets through radiocarbon dating and stable isotope analysis of victims of the AD79 eruption of Vesuvius. *American Journal of Physical Anthropology* 152: 345–352.
- Debono Spiteri C, Gillis R, Roffet-Salque M, Castells L, Guilaine J, Manen C, Muntoni I. 2016. Regional asynchronicity in dairy production and processing in early farming communities of the Northern Mediterranean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113: 13594–13599.
- DeNiro MJ, Epstein S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42: 495–506.
- DeNiro MJ. 1985. Post-mortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to paleodietary reconstructions. *Nature* 317: 806–809.
- Driesch A. 1976. *A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites*. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology: Cambridge.
- Edo M, Blasco A, Villalba MJ. 2011. La cova de Can Sadurní, guió sintètic de la prehistòria recent de Garraf. *La Cova de Can Sadurní i la prehistòria de Garraf* 30: 13–97.
- Filella I, Peñuelas J. 2003. Partitioning of water and nitrogen in co-occurring Mediterranean woody shrub species of different evolutionary history. *Oecologia* 137: 51–61.
- Fontanals-Coll M, Subirà ME, Bonilla MD-Z, Duboscq S, Gibaja JF. 2015. Investigating paleodietary and social differences between two differentiated sectors of a Neolithic community, La Bòbila Madurell-Can Gambús (north-east Iberian Peninsula). *Journal of Archaeological Science: Reports* 3: 160–170. <http://paperpile.com/b/R8V1Kx/xpn7>.
- Fontanals-Coll M, Subirà ME, Díaz-Zorita Bonilla M, Gibaja JF. 2017. First insight into the Neolithic subsistence economy in the north-east Iberian Peninsula: paleodietary reconstruction through stable isotopes. *American Journal of Physical Anthropology* 162: 36–50.
- Fraser RA, Bogaard A, Heaton T, Charles M, Jones G, Christensen BT, Halstead P, Merbach I, Poulton P, Sparkes D, Stryring AK. 2011. Manuring and stable nitrogen isotope ratios in cereals and pulses: towards a new archaeobotanical approach to the inference of land use and dietary practices. *Journal of Archaeological Science* 38: 2790–2804.
- Friedli H, Lötscher H, Oeschger H, Siegenthaler U, Stauffer B. 1986. Ice core record of the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratio of the atmospheric  $\text{CO}_2$  in the past two centuries. *Nature* 324: 237–238.
- Fuller BT, De Cupere B, Marinova E, Van Neer W, Waelkens M, Richards MP. 2012. Isotopic reconstruction of human diet and animal husbandry practices during the Classical-Hellenistic, imperial, and Byzantine periods at Sagalassos, Turkey. *American Journal of Physical Anthropology* 149: 157–171.
- González J, Molist M, Spezzia KH. 2011. Un nou assentament del V mil·lenni a la costa de Barcelona. *Quarbis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona* 7: 86–100.
- Guerra MAR, Pena RG, de Lagrán IGM, Kunst M. 2008. Los recintos del poblado del Neolítico Antiguo de la Revilla del Campo (Ambrona, Soria). In IV Congreso del Neolítico Peninsular: 27–30 de noviembre de 2006. Museo Arqueológico de Alicante-MARQ; 252–258.
- Hadjkoumis A. 2012. Traditional pig herding practices in Southwest Iberia: questions of scale and zooarchaeological implications. *Journal of Anthropological Archaeology* 31: 353–364.
- Hain FH. 1982. Kupferzeitliche Tierknochenfunde aus Valencina de la Concepcion/Sevilla. *Studien über frühe Tierknochenfunde von der Iberischen Halbinsel* 8: 1–178.
- Halley DJ, Rosvold J. 2014. Stable isotope analysis and variation in medieval domestic pig husbandry practices

- in northwest Europe: absence of evidence for a purely herbivorous diet. *Journal of Archaeological Science* **49**: 1–5.
- Hamilton J, Hedges REM, Robinson M. 2009. Rooting for pigfruit: pig feeding in Neolithic and Iron Age Britain compared. *Antiquity* **83**: 998–1011.
- Hamilton J, Thomas R. 2012. Pannage, pulses and pigs: isotopic and zooarchaeological evidence for changing pig management practices in later Medieval England. *Medieval Archaeology* **56**: 234–259.
- Hammer Ø, Harper D, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*: 4.
- Hammond C, O'Connor T. 2013. Pig diet in medieval York: carbon and nitrogen stable isotopes. *Archaeological and Anthropological Sciences* **5**: 123–127.
- Hedges RE, Clement JG, Thomas CDL, O'Connell TC. 2007. Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *American Journal of Physical Anthropology* **133**: 808–816.
- Hedges RE, Reynard LM. 2007. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology. *Journal of Archaeological Science* **34**: 1240–1251.
- Hellevang H, Aagaard P. 2015. Constraints on natural global atmospheric CO<sub>2</sub> fluxes from 1860 to 2010 using a simplified explicit forward model. *Scientific Reports* **5**: 17352 <http://doi.org/10.1038/srep17352>.
- Isaakidou V. 2011. Farming regimes in Neolithic Europe: gardening with cows and other models. *Dynamics of Neolithisation in Europe. Studies in Honour of Andrew Sherratt, A Hadjikoumis, E Robinson, S Viner* (eds.). Oxbow Books: Oxford, 90–112.
- Jalut G, Dedoubat JJ, Fontugne M, Otto T. 2009. Holocene circum-Mediterranean vegetation changes: climate forcing and human impact. *Quaternary International: The Journal of the International Union for Quaternary Research* **200**: 4–18.
- Jim S, Ambrose SH, Evershed R. 2004. Stable carbon isotopic evidence for differences in the dietary origin of bone cholesterol, collagen and apatite: implications for their use in palaeodietary reconstruction. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **68**: 61–72.
- Madgwick R, Mulville J, Stevens RE. 2012. Diversity in foddering strategy and herd management in late Bronze Age Britain: an isotopic investigation of pigs and other fauna from two midden sites. *Environmental Archaeology* **17**: 126–140.
- Marín AB, Morales MR. 2009. Comportamiento económico de los últimos cazadores-recolectores y primeras evidencias de domesticación en el occidente de Asturias. La Cueva de Mazaculos II. *Trabajos de Prehistoria* **66**: 47–74.
- Martín A, Edo M, Tarrus M, Clop X. 2010. Le Néolithique ancien de Catalogne (VI-première moitié du Ve millénaire av. J.-C.). Les séquences chronoculturelles. *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale: structure des productions céramiques*, C Manen, F Convertini, D Binder, I Sénépart (eds.). Société Préhistorique Française: Toulouse, 197–214.
- Martín A, Guilaine J, Thommeret Y. 2009. Estratigrafía y dataciones C14 del yacimiento de la «Cova del Frare» de St. Llorenç del Munt (Matadepera, Barcelona). *Zephyrus*: 32–33.
- Matsui A, Ishiguro N, Hongo H, Minagawa M. 2005. Wild pig? Or domesticated boar? An archaeological view on the domestication of *Sus scrofa* in Japan. In *The First Steps of Animal Domestication*, Vigne JD, Peters J, Helmer D (eds.). Oxbow Books: Oxford, 148–159.
- Minagawa M, Matsui A, Ishiguro N. 2005. Patterns of prehistoric boar *Sus scrofa* domestication, and inter-islands pig trading across the East China Sea, as determined by carbon and nitrogen isotope analysis. *Chemical Geology* **218**: 91–102.
- Molist M, Campos OV, Farré R. 2008. El jaciment de la Caserna de Sant Pau del Camp: aproximació a la caracterització d'un assentament del Neolític antic. *Quarbis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona* **4**: 14–24.
- Müldner G, Richards MP. 2005. Fast or feast: reconstructing diet in later medieval England by stable isotope analysis. *Journal of Archaeological Science* **32**: 39–48.
- Navarrete V, Saña M. 2017. Size changes in wild and domestic pig populations between 10,000–800 cal BC in the Iberian Peninsula: evaluation of natural versus social impacts in animal populations during the first domestication stages. *The Holocene* <https://doi.org/10.1177%2F0959683617693902>.
- O'Leary MH. 1988. Carbon isotopes in photosynthesis: fractionation techniques may reveal new aspects of carbon dynamics in plants. *Bioscience* **38**: 328–336.
- O'Connell TC, Kneale CJ, Tasevska N, Kuhnle G. 2012. The diet-body offset in human nitrogen isotopic values: a controlled dietary study. *American Journal of Physical Anthropology* **149**: 426–434.
- Oms 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. Phd Thesis. Universitat de Barcelona.
- Palomo A, Piqué R, Terradas X, Bosch À, Buxo R, Chinchilla J, Tarrus J. 2014. Prehistoric occupation of Banyoles lakeshore: results of recent excavations at La Draga site, Girona, Spain. *Journal of Wetland Archaeology* **14**: 58–73.
- 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**: 27–65.
- Pechenkina EA, Ambrose SH, Xiaolin M, Benfer RA. 2005. Reconstructing northern Chinese Neolithic subsistence practices by isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science* **32**: 1176–1189.
- Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Grootes PM, Guilderson TP, Haffidason H, Hajdas I, Hatt C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney CSM, van der Plicht J. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* **55**.
- Revelles J, Burjachs F, van Geel B. 2016. Pollen and non-pollen palynomorphs from the Early Neolithic settlement of La Draga (Girona, Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology* **225**: 1–20.



- Rosillo R, Tarrús J, Palomo A, García R. 2010. Les esteles amb banyes de la Serra del Mas Bonet (Vilafant, Alt Empordà) dins de l'art megalític de Catalunya. *Cypsela: Revista de Prehistòria i Protobistòria* **18**: 43–59.
- Saña M, Antolín F, Zapata M, Castells L, Craig OE, Benaiges ME, Spiteru C. 2015. Prácticas agropecuarias durante el Neolítico antiguo y medio en la cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona). *5º Congresso do Neolítico Peninsular*, V Gonçalves, M Diniz, AC Sousa (eds.). Centro do Arqueologia da Universidade de Lisboa: Lisboa, 57–66.
- Saña M, Bogdanovic I, Navarrete V. 2014. Taphonomic evaluation of the degree of historical representation of the archaeological bone samples in anaerobic versus aerobic environments: the Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). *Quaternary International* **330**: 72–87.
- Saña M, Navarrete V. 2016. Gestió ramadera al pla de Barcelona durant la prehistòria. *La prehistòria al pla de Barcelona. Nous documents per a una síntesi*, M Molist, A Gómez (eds.). MUHBA. Ajuntament de Barcelona: Barcelona, 97–104.
- Saña M. 1998. Entorn a la dinàmica del procés de domesticació animal. *Cypsela* **12**: 99–110.
- Saña M. 2011. La gestió dels recursos animals. *El poblat lacustre del Neolític antic de la Draga, Excavacions 2000–2005*, A Bosch, J Chinchilla, J Tarrús (eds.). Monografies del CASC 9: Girona; 50–64.
- Saña M. 2013. Domestication of animals in the Iberian Peninsula. *The origins and spread of domestic animals in southwest Asia and Europe*, S Colledge, J Conolly, K Dobney, K Manning, S Shennan (eds.). UCL Institute of Archaeology Publications: London; 195–220.
- Saña M. 2014. *Anàlisi Arqueozoològica del jaciment de Serra de Mas Bonet (Vilafant, Girona)*. Universitat Autònoma de Barcelona: Laboratori d'Arqueozoològia.
- Schoeninger MJ, DeNiro MJ. 1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **48**: 625–639.
- Schwarz HP, Schoeninger MJ. 1991. Stable isotope analyses in human nutritional ecology. *American Journal of Physical Anthropology* **34**: 283–321.
- Sealy J. 2001. Body tissue chemistry and palaeodiet. *Handbook of Archaeological Sciences*, DR Brothwell, AM Pollard (eds.). John Wiley & Sons: Michigan; 269–279.
- Sykes N. 2014. *Beastly Questions: Animal Answers to Archaeological Issues*. Bloomsbury Publishing: London.
- Szpak P. 2014. Complexities of nitrogen isotope biogeochemistry in plant–soil systems: implications for the study of ancient agricultural and animal management practices. *Frontiers in Plant Science* **5**: 288. <http://paperpile.com/b/R8V1Kx/UEbY>.
- Terradas X, Antolín F, Bosch A, Buxó R, Chinchilla J, Clop J, Gibaja JF, 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. *Revista del Museu de Gavà* **5**: 441–448.
- Terradas-Batlle X, Piqué R, Palomo A, Bosch À, Buxó R, Chinchilla J, Rosillo R. 2015. Darreres intervencions arqueològiques al poblat neolític de La Draga al l'estany de Banyoles (Banyoles, Pla de l'Estany). *Tribuna d'Arqueologia 2012–2013*, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya (ed.). Entitat Autònoma del Diari Oficial i de Publicacions: Barcelona; 33–47.
- Tieszen L, Boutton L, Tesdahl K, Slade N. 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for  $\delta^{13}\text{C}$  analysis of diet. *Oecologia* **57**: 32–37.
- Van Klinken CJ. 1999. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science* **26**: 687–695.
- Zeder MA. 2008. Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: origins, diffusion, and impact. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**: 11597–11604.

## Supporting information

Additional Supporting Information may be found online in the supporting information tab for this article.

Table S1. Summary statistics for pig measurements from the sites in the northern Iberian Peninsula, Valencina de la Concepcion, Zambujal, Durrington Walls, La Draga, Reina Amàlia, Caserna de Sant Pau, cova del Frare and Can Sadurní. N = number of specimens, MIN = minimum, MAX = maximum, VAR = coefficient of variation. List of the measurements taken, according to von den Driesch (1974).

SI 2. Pig measurements for specimens selected for isotopic analysis from La Draga, Reina Amàlia, Caserna de Sant Pau, cova del Frare, Can Sadurní and Serra de Mas Bonet. List of the measurements taken according to von den Driesch (1974).



## **Food habits of early introduced caprine and bovine herds in the Iberian Peninsula: an isotopic approach**

Vanessa Navarrete<sup>1,\*</sup>, Carlos Tornero<sup>1,2&3</sup>, Marie Balasse<sup>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 Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES), C. Marcel·lí Domingo s/n, Campus Sescelades URV (Edifici W3), 43007 Tarragona, Spain

<sup>3</sup> Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain

<sup>4</sup> UMR 7209. Archéozoologie, archéobotanique: sociétés, pratiques, environnements. Sorbonne Universités, CNRS-MNHN, 55 rue Buffon 75005 Paris, France.

**\*Corresponding author:** Vanessa Navarrete. Laboratori d'Arqueozoologia, Department of Prehistory, Autonomous University of Barcelona, 08193, Catalonia, Spain. [vanessa.navarrete@uab.cat](mailto:vanessa.navarrete@uab.cat)

**Key words:** *Early Neolithic, La Draga, carbon and oxygen isotopes, sequential analyses, bioapatite*

### **Abstract**

The arrival of early farmers and their livestock in the Western Mediterranean during the Early Neolithic implied a new way of life in northeast Iberia. This process has tended to be explained as a success, bearing in mind the durability of the introduced economic strategies, which are still practised today, and their apparently momentous outcome. In this sense, the introduction of livestock must have played a fundamental role although little is known about the way the newly-arrived domestic animals were managed. In this sense, the management of food habits of domestic animals could be a key factor to understand the success of herding systems during early steps in the introduction and adaptation of domesticates in the Iberian Peninsula. Sequential analyses of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values in tooth enamel crowns are here used to provide detailed information about dietary inputs of early caprine and bovine herds introduced into the Iberian Peninsula. Our study was carried out at La Draga (5201-4721 cal BC), a site on the eastern side of Lake Banyoles (Girona, NE Iberian Peninsula). Data shows that caprine and bovine herds followed different dietary habits. While sheep food habits could be related to lacustrine plant-sources all year round and seasonal changes were reduced, goat and cattle herds display food habits that could involve foddering by storing agricultural by-

products during specific-season times, probably linked to reproductive strategies. This information helps to reconstruct the way how these early Neolithic communities found the way to success in the new territories of the Western Mediterranean.

### ***Introduction and research objectives***

The development of husbandry practices implied important changes in the economic strategies of all Early Neolithic populations. In the Iberian Peninsula, the archaeological evidence shows the prompt and simultaneously integration into subsistence strategies of the main four domestic species (sheep, goat, cattle, and pig) in the course of 200 years, from areas near the Mediterranean shore (with dates ca. 5600 and 5500 cal BC) to more central locations (Cortés-Sánchez et al., 2012; Rojo et al., 2012; Saña, 2013; García-Puchol et al., 2017). The exceptions are northern regions and the upper Ebro Valley, where the first evidence of domestication dates to ca. 4500 cal BC (Altuna and Mariezkurrena, 2008). Although ecological variability is documented in the Iberian Peninsula during the Early Neolithic (Pérez-Obiol et al., 2011), and the four main domesticate species have different physiological characteristics and nutritional requirements (Dwyler, 2016), available data points to a rapid introduction and successful ecological adaptation of domesticates in all regions (Saña, 2013). Although a general predominance of caprines, and particularly sheep, is documented in Iberia during the Early Neolithic (Saña, 1998, 2013; Castaños, 2004; Altuna and Mariezkurrena, 2001, 2011; Rojo et al., 2008; Marín-Arroyo and Morales, 2009), specific tendencies have been documented in open-air settlements in the northeast of the Iberian Peninsula (Saña, 2013, 2015). For example, in the site of La Draga (NE Iberian Peninsula), the composition of the herds was rather mixed, within a diversified farming strategy in which pigs, cattle, goats and sheep were raised (Antolín et al., 2014; Saña, 2015).

To understand the success of the introduction of domesticates in the NE Iberian Peninsula, ca. 5700 cal BC (Saña, 2013), their dietary patterns might be a pivotal factor. The study of domesticate food habits allows a deeper understanding of the interaction between the management of the environment (food availability and environmental conditions), husbandry cycles (pastures and availability of forage), and the sex and growth phase of each individual and type of exploitation (meat and milk). In this way, for the survival and maintenance of the herds it is crucial to know the variables that influence feeding. The historical consequence of the intensification of these mechanisms, to reduce risk in the sustenance of the herds, could be an increase in the variability of the work processes dependent on the physiology of each species. Therefore, this could lead to specialization in the work relative to the management and exploitation of domestic resources (Digard, 1981).

In spite of its importance at the present, an information gap in this regard results from the low resolution capacity (spatial resolution -ecological- and temporal -seasonal-) in this line of traditional archaeozoological methods. In this sense, a broader approach has studied the biogeochemical signatures of animals from fossil remains. Several studies

have focused on feeding practices, and these have integrated stable isotope analyses to infer the dietary strategies of domestic animals (Balasse, 2002; Balasse et al., 2006, 2012, 2014, 2015, 2016; Tornero, 2011; Makarewicz, 2015; Navarrete et al., 2017). In particular, those based on sequential isotopic ( $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ) sequences in tooth enamel are very useful because they provide information on livestock strategies on a seasonal scale (Balasse et al., 2006, 2012). The aim of the present study is to evaluate the diet of the first domesticates as representative of the rhythm and success of the adaptive processes derived from domestication and the Neolithic process in the Iberian Peninsula. We investigate food habits and potential seasonal variability in sheep, goat and cattle herds in the Early Neolithic site of La Draga (NE Iberian Peninsula) (Fig. 1). The waterlogged condition of the site enhanced favourable conditions for preservation of bioarchaeological remains. A large collection of well-preserved hemi-mandibles of sheep, goat and cattle from the site have been selected to characterize the seasonal variations in diet composition through sequential stable isotope analyses of tooth enamel.

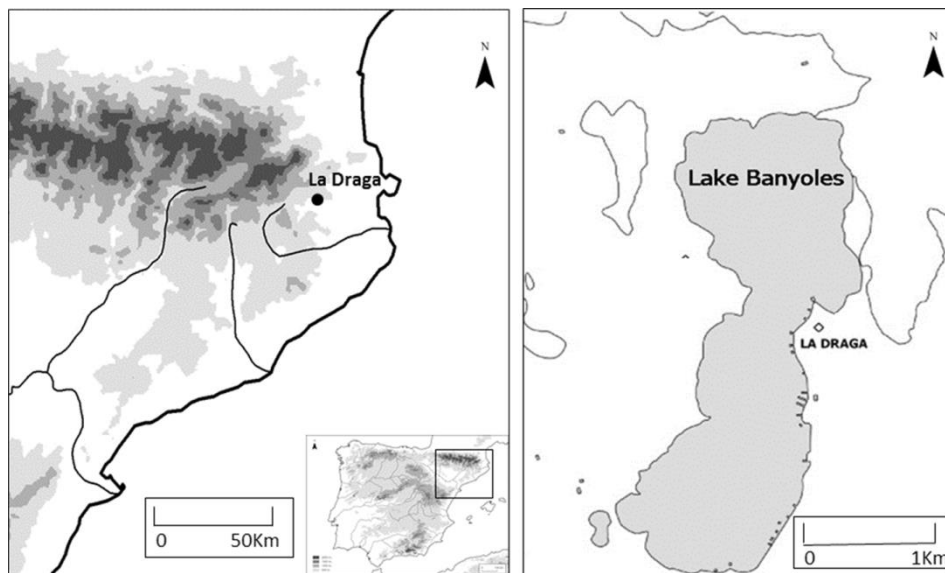


Figure 1. Location of La Draga site.

### ***Principles: oxygen and carbon sequential isotope analyses in bioapatite tooth enamel***

The oxygen and carbon isotopic compositions of tooth enamel bioapatite are incorporated from the water and the food intake. Dental enamel is not remodelled once mineralized (Balasse et al., 2002), and tooth enamel bioapatite is able to record isotopic changes during the formation of the tooth crown (Fricke and O'Neil, 1996; Bryant et al., 1996). Serial sampling of tooth enamel allows the reconstruction of sequential isotopic values through the process of tooth mineralization, providing a detailed record of seasonal variations (Balasse, 2002, 2003). The isotopic sequences of the  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  values represent the variation in the climate and the composition of the diet during the

time of formation and mineralization of the tooth (Fricke and O'Neil, 1996; Khon et al., 1998; Balasse, 2003).

The  $\delta^{18}\text{O}$  values in carbonate apatite directly reflect the oxygen isotopic composition of body water (Nagy, 1989). The isotopic composition of body water depends mainly on the ingested meteoric water, and in turn, the composition of the latter depends on climatic and geographical factors, such as precipitation and relative humidity for each geographic distribution analyzed (Land et al., 1980; Longinelli, 1984; Luz et al., 1984; D'Angella and Longinelli, 1990). These environmental factors are correlated to changes in  $\delta^{18}\text{O}$  values of precipitation and temperature (Dansgaard, 1964; Rozanski et al., 1993).

In the case of terrestrial herbivores mammals, the isotopic carbon composition of tooth enamel bioapatite is related to  $\delta^{13}\text{C}$  values of ingested plants (Lee-Thorp and van der Merwe, 1987). The  $\delta^{13}\text{C}$  values of plants vary according to the photosynthetic pathway but also to environmental and climatic factors, fundamentally atmospheric agents, degree of soil moisture, temperature, variations in concentrations of atmospheric  $\text{CO}_2$ , water availability and altitude (Bender, 1971; Körner et al., 1991; Tieszen, 1991; Farquhar et al., 1982; Polley et al., 1993). Thus,  $\text{C}_3$  and  $\text{C}_4$ -plants have different values of  $\delta^{13}\text{C}$  with an average of -26 ‰ for  $\text{C}_3$ -plants and -12 ‰ for  $\text{C}_4$ -plants due to utilization of different photosynthetic pathways during carbon fixation (Cerling et al., 1997; Vogel, 2012). However, water availability strongly influences the isotopic carbon composition of  $\text{C}_3$ -plants, which conserve water under conditions of reduced water availability by increasing stomatal closure (Farquhar et al., 1989; Hartman and Danin, 2010). Therefore, plants with a  $\text{C}_3$  photosynthetic-pathway growing under water stress conditions would have higher values compared to  $\text{C}_3$ -plants growing under optimal water conditions (Hartman and Danin, 2010). In the Mediterranean area, the  $\delta^{13}\text{C}$  concentrations can vary up to 4 ‰ throughout the seasonal cycle (Smedley et al., 1991; Tieszen, 1991; Hartman and Danin, 2010) depending on water stress (Farquhar et al., 1982; Tieszen, 1991; Heaton, 1999).

## **MATERIAL AND METHODS**

### *The site of La Draga*

The site of La Draga is located in the north-east of the Iberian Peninsula, on the eastern shore of Lake Banyoles at 170 m asl (Fig. 1). The settlement is  $^{14}\text{C}$  dated to 5201-4721 cal BC (Terradas et al., 2015). Early farming societies were established in a wetland area surrounded by a dense broadleaf deciduous forest within a humid climate. Isotopic analysis records of oak posts from the site suggest slightly lower temperatures during the Early Neolithic, higher precipitation rates and greater availability of water in the area than at present (Aguilera et al., 2011). Pollen analysis shows the existence of dense forest around the site, where broadleaf deciduous trees were the predominant vegetation, especially oak and hazel. Nevertheless, the presence of pine and fir in the nearby mountains was significant and elm, ash, willow, alder, elder, poplar and laurel

constituted the riparian vegetation surrounding the shore of Lake Banyoles (Pérez-Obiol and Julià, 1994; Burjachs, 2000; Caruso-Fermé and Piqué, 2014; Revelles *et al.*, 2016). The fields would not be in the immediate surroundings of the settlement due to the swampy substrate of the settlement (Revelles *et al.*, 2014).

In La Draga, agriculture and livestock were the main subsistence activities while hunting and gathering wild plants were complementary. Archaeobotanical studies at La Draga documented several different crops of *Hordeum distichum*, *Triticum durum/turgidum*, *Triticum aestivum*, *Triticum dicoccum*, *Triticum monococcum*, *Triticum sp.*, *Vicia faba* and *Pisum sativum* (Antolín and Buxó, 2010; Antolín *et al.*, 2014). The presence of fragments of charred grain and weeds within the settlement of La Draga would indicate that the grain had previously been threshed and flailed (Antolín, 2012). Zooarchaeological studies show that the composition of the herds was rather mixed, as no specialization in any one taxon was observed. Goat and sheep represent 42% of the total NISP (number of remains) while cattle and pig represent 33% and 25%, respectively. Domestic species were exploited for different purposes. A large proportion of the domestic animals were killed at their meat optimum. Nevertheless, the high proportion of deaths of young cattle and goats could be the result of the exploitation of milk (Payne, 1973; Helmer, 1992; Helmer and Vigne, 2004; Saña, 2015). Furthermore, palaeopathological signs of traction on cattle extremities were documented. Considering all the above, the exploitation of animals and animal products in La Draga was diversified, with at least meat, milk and labour force sharing a relative importance (Saña, 2011, 2015).

#### *Sampled Specimens and Sampling procedures*

A total of 18 left hemi-mandibles from La Draga were selected for analysis (Table 1). The faunal remains were recovered from the archaeological waterlogged sectors B and D. The taxonomical identification of the sampled specimens followed osteological criteria (Halstead and Collins, 2002; Balasse and Ambrose, 2005; Zeder and Laphan, 2010). All specimens were adults, based on tooth eruption and tooth wear patterns for sheep and goat (Payne, 1973) and cattle (Grant, 1975). In all specimens, the lower third molar was selected for sequential analyses. The third molar was extracted from mandibles using a Dremel tool kit with a diamond circular saw.

Specimen	SAMPLE	Sector	Mandible	Specie	Side	Dental stage	Assigned age
LD Ovis 01	DY-23-32	L	M3	<i>Ovis aries</i>	Left	e	3-4y
LD Ovis 02	F-22-4	L	M3	<i>Ovis aries</i>	Left	g	4-6y
LD Ovis 03	F-20-10	L	M3	<i>Ovis aries</i>	Left	f	3-4y
LD Capra 04	D-20-21	P	M3	<i>Capra hircus</i>	Left	c	3-4y
LD Ovis 06	O-22-27	L	M3	<i>Ovis aries</i>	Left	g	4-6y
LD Ovis 07	286	P	M3	<i>Ovis aries</i>	Left	e	3-4y
LD Capra 08	JF-85-21	P	M3	<i>Capra hircus</i>	Left	f	3-4y
LD Ovis 09	KA-85-2	P	M3-M2-M1-P4	<i>Ovis aries</i>	Left	g	4-6y
LD Ovis 10	KA-86-11	P	M3	<i>Ovis aries</i>	Left	f	3-4y
LD Ovis 11	JI-89-11	P	M3-M2-M1-P4	<i>Ovis aries</i>	Left	g	4-6y
LD Ovis 12	JG-90-20	P	M3-M2-M1-P4-P3-P2	<i>Ovis aries</i>	Left	e	3-4y
LD Ovis 13	JI-89-8	P	M3-M2-M1-P4-P3-P2	<i>Ovis aries</i>	Left	f	3-4y
LD Ovis 14	JF-92-46	P	M3-M2-M1-P4-P3-P2	<i>Ovis aries</i>	Left	g	6-8y
LD Ovis 15	GI-100-6	U	M3-M2-M1-P4-P3-P2	<i>Ovis aries</i>	Left	d	2-3y
LD Ovis 16	JH-91-8	P	M3-M2-M1-P4-P3-P2	<i>Ovis aries</i>	Left	e	2-3y
LD Capra 17	JI-90-50	P	M3-M2-M1-P4-P3	<i>Capra hircus</i>	Left	f	3-4y
LD Bos 18	RE90-21	L	M2,M3	<i>Bos taurus</i>	Left	g	3-6y
LD Bos 19	JE-84-17	P	M3,M2	<i>Bos taurus</i>	Left	e	3-6y

Table 1. General information about specimens analyzed. The sectors of samples are: land (L), phreatic (P) and underwater (U). Dental stage for ovis/capra to Payne (1973), and for cattle Grant (1975).

While the sequential analysis of  $\delta^{18}\text{O}$  in these species should reveal changes related to climatic factors, changes in  $\delta^{13}\text{C}$  values could reveal seasonal variations in diet, if they occurred. Finally, while isotopic sequences recovered from the third molars with high preserved crowns of sheep and goat are expected to approximate the complete annual cycle (Weinreb and Sharav, 1964; Noddle, 1974), a year and a half is expected in the case of the cattle (Brown et al., 1960).

Enamel sampling was performed at the Laboratori d'Arqueozoologia (Department of Prehistory) at the Autonomous University of Barcelona (Spain). First, enamel surfaces were cleaned using tungsten drill bits. Then, samples weighed between 4-5mg were obtained with a diamond drill. Sampling was performed on enamel perpendicular to the direction and formation of this tissue. The sampling covered the whole crown height and was distanced at intervals of 1-1.5 mm and each sample was a 1-mm-wide groove perpendicular to the tooth growth axis on the anterior lobe of a lower third molar (M3). Each sample was positioned in the tooth crown by its distance from the enamel-root junction (ERJ). A total of 256 enamel samples were drilled for sheep, 72 for goat and 68 for cattle.



Samples were chemically treated following the protocols published by Balasse et al., (2002) ensuring elimination of exogenous carbonates. Firstly, organic matter was removed with 2% NaOCl (0.1 ml solution/mg of sample) for 24 h and then rinsed in distilled water and dried in an oven at 70°C for 48 h. Secondly, samples were placed for four hours in 0.1 M acetic acid (0.1 ml solution/mg of sample) and rinsed in distilled water and dried. Analyses of  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  values were performed at the Service de Spectrométrie de Masse Isotopique du Muséum national d'Histoire naturelle (SSMIM) in Paris, France. Dry samples weighing ~600 micrograms were introduced on a Kiel IV device interfaced to a Delta V Advantage isotope ratio mass spectrometer (IRMS). Samples were reacted under vacuum with 100% phosphoric acid at 70°C in individual vessels and purified in an automated cryogenic distillation system. The accuracy and precision of the measurements were checked using an internal laboratory calcium carbonate standard (*Marbre LM* normalized to NBS 19). Over the period of analysis a total of 130 *Marbre LM* samples gave a mean  $\delta^{13}\text{C}$  value of  $+2.06 \pm 0.021\text{‰}$  ( $1\sigma$ ) (expected value  $+2.13\text{‰}$ ) and  $\delta^{18}\text{O}$  value of  $-1.61 \pm 0.043\text{‰}$  ( $1\sigma$ ) (expected value  $-1.83\text{‰}$ ).  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values are here expressed in the Vienna-Pee Dee Belemnite (V-PDB) standard.

Inter-individual variability was explored using the amplitude of variation of the sequence (maximum, minimum and mean) and the amplitude of intra-tooth variation. The correlation between the  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  sequences was performed using Pearson's correlation coefficient test ( $\alpha = 0.05$ ). All statistical tests were performed in PAST 3.x (Hammer et al., 2001).

## RESULTS

The  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  results are summarized in Table 2. Sequential series are presented in Figures 2a, b and c for each sheep, goat and cattle specimen, respectively.

Specimen	n	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$				$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}$			
		Max	Min	Mean	Range	Max	Min	Mean	Range
LD Ovis 01	19	-12,9	-11,8	-12,2	-1,1	0,3	-1,8	-0,6	-2,1
LD Ovis 02	19	-13,1	-11,2	-12,1	-1,9	0,6	-1,5	-0,3	-2,1
LD Ovis 03	18	-13,1	-12	-12,5	-1,1	1,9	-1,7	0,3	-3,6
LD Capra 04	20	-13,2	-11,4	-12,2	-1,8	-0,1	-2,2	-1,2	-2,1
LD Ovis 06	15	-13	-11,9	-12,5	-1,1	0,3	-2,1	-1,1	-2,5
LD Ovis 07	26	-13,4	-11,5	-12,4	-1,9	1,1	-1,9	-0,6	-3,0
LD Capra 08	16	-12,7	-11,3	-12,0	-1,4	0,0	-1,5	-0,7	-1,4
LD Ovis 09	19	-12,7	-10,3	-11,8	-2,4	0,1	-4,0	-2,3	-4,1
LD Ovis 10	26	-13,4	-11	-12,2	-2,4	1,0	-1,9	-0,3	-2,9
LD Ovis 11	19	-12,5	-11,1	-11,6	-1,5	0,8	-2,3	-0,7	-3,1
LD Ovis 12	20	-12,6	-12,1	-12,3	-0,5	1,2	-2,7	-0,9	-3,9
LD Ovis 13	21	-12,6	-11,7	-12,2	-0,9	0,0	-1,9	-0,9	-1,9
LD Ovis 14	18	-12,4	-12	-12,2	-0,4	0,7	-1,2	-0,2	-1,9
LD Ovis 15	24	-12,9	-10,6	-11,3	-2,3	0,7	-2,5	-0,8	-3,2

LD Ovis 16	23	-11,5	-10,4	-10,9	-1,1	1,8	-1	0,1	-2,7
LD Capra 17	25	-11,1	-10,0	-10,7	1,1	2,2	0,5	1,5	-1,7
LD Bos 18	34	-10,3	-7,8	-9,4	-2,5	-0,1	-2	-0,9	-2
LD Bos 19	34	-11,9	-10,1	-11,1	-1,9	-1,1	-3,4	-2,4	-2,3

Table 2. Results of stable carbon analysis ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and stable oxygen analysis ( $\delta^{18}\text{O}$ ) of enamel bioapatite carbonate. Maximum (max) and minimum value (min) in each tooth, range of variation ( $\Delta$ ), Number of samples (n).

The  $\delta^{18}\text{O}$  values vary from 1.9‰ to -4.0‰ in sheep, from 2.2‰ to -2.5‰ in goat, and from -0.1‰ to -3.4‰ in cattle. In all specimens analyzed, the  $\delta^{18}\text{O}$  values show a quasi-sinusoidal oscillation, likely reflecting the seasonal cycle. The highest  $\delta^{18}\text{O}$  values represent the warm events while the lowest  $\delta^{18}\text{O}$  values represent the cold events. The maximum length of sequences cover a whole annual cycle in specimens of sheep (LD Ovis 01, 02, 09, 13 and 14) and goat (specimen LD Capra 04) and more than a year and half in cattle LD Bos 19. Those results are in agreement with the expected duration of tooth crown formation.

The  $\delta^{13}\text{C}$  values vary from -11.0‰ to -13.4‰ in sheep, from -10.4‰ to -11.5‰ in goat, and from -7.8‰ to -11.9‰ in cattle. Those results reflect a contribution of pre-industrial  $\text{C}_3$  plants in the diet, assuming an enrichment factor of +14.1‰ (Cerling et al., 1999). Contribution of  $\text{C}_4$  plants is not present or significant in the animals' diet. This is in accordance with local paleoecological data obtained from this site (Antolín, 2015; Revelles et al., 2016) and surrounding sites (Burjachs, 2000; Pélachs et al., 2007; Cunill et al., 2012), where  $\text{C}_4$ -plants were not detected. In all specimens analyzed, the  $\delta^{13}\text{C}$  sequential series varies along the tooth crown. These variations reflect changes in the isotopic composition of the animal's diet throughout the tooth enamel formation.

In sheep, the oscillation of  $\delta^{13}\text{C}$  values follows the same pattern observed in  $\delta^{18}\text{O}$  values; the lowest  $\delta^{13}\text{C}$  values are recorded when  $\delta^{18}\text{O}$  values are low while the highest  $\delta^{13}\text{C}$  values are recorded when  $\delta^{18}\text{O}$  values are high. These  $\delta^{13}\text{C}$  intra-tooth variations have a mean range value of 1.7 ‰ but some specimens show a considerably reduced range. The specimens LD Ovis 01, 15 and 16 show ranges that are statistically significantly different from the others (Pearson's,  $p > 0.05$ ) (Table 3).

In goat, sequential analysis of  $\delta^{13}\text{C}$  values in specimens LD Capra 04, 08 and 17 also reveal seasonal variations in diet composition. The sequential isotope profile presents opposite  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  sequences. Significant negative correlations between  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values are observed in the specimens LD Capra 04 (Pearson's,  $r = -0.59$ ), LD Capra 08 (Pearson's,  $r = -0.64$ ) and LD Capra 17 (Pearson's,  $r = -0.28$ ) (Table 3).

In cattle, sequential analysis of  $\delta^{13}\text{C}$  values in specimens LD Bos 18 and 19 reveal seasonal variations in diet composition with a point enrichment of  $\delta^{13}\text{C}$  values reached slightly after the  $\delta^{18}\text{O}$  optimum (at the warmest time of the year). This increase in  $\delta^{13}\text{C}$

values during specific periods of the intra-tooth sequence cannot be explained by the expected natural dynamics of consumed plants. Positive correlations between  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values are observed in LD Bos 18 (Pearson's,  $r = 0.01$ ) and LD Bos 19 (Pearson's,  $r = 0.01$ ) (Table 3).

Specimen	N Samples	Perason's	
		r	p
LD Ovis 01	19	0,19	0,43
LD Ovis 02	19	0,84	<0,001
LD Ovis 03	18	0,92	<0,001
LD Capra 04	20	0,66	0,001
LD Ovis 06	15	0,77	<0,001
LD Ovis 07	26	0,63	<0,001
LD Capra 08	16	0,83	<0,001
LD Ovis 09	19	0,46	0,05
LD Ovis 10	26	0,93	<0,001
LD Ovis 11	19	0,75	<0,001
LD Ovis 12	20	0,57	0,008
LD Ovis 13	21	0,38	0,09
LD Ovis 14	18	0,15	0,57
LD Ovis 15	24	-0,59	0,002
LD Ovis 16	23	-0,64	<0,001
LD Capra 17	25	-0,28	0,18
LD Bos 18	34	0,44	0,01
LD Bos 19	34	0,42	0,01

Table 3. Statistical data of the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  sequences. Correlation coefficient (Pearson's r), number of samples and significance level (p).

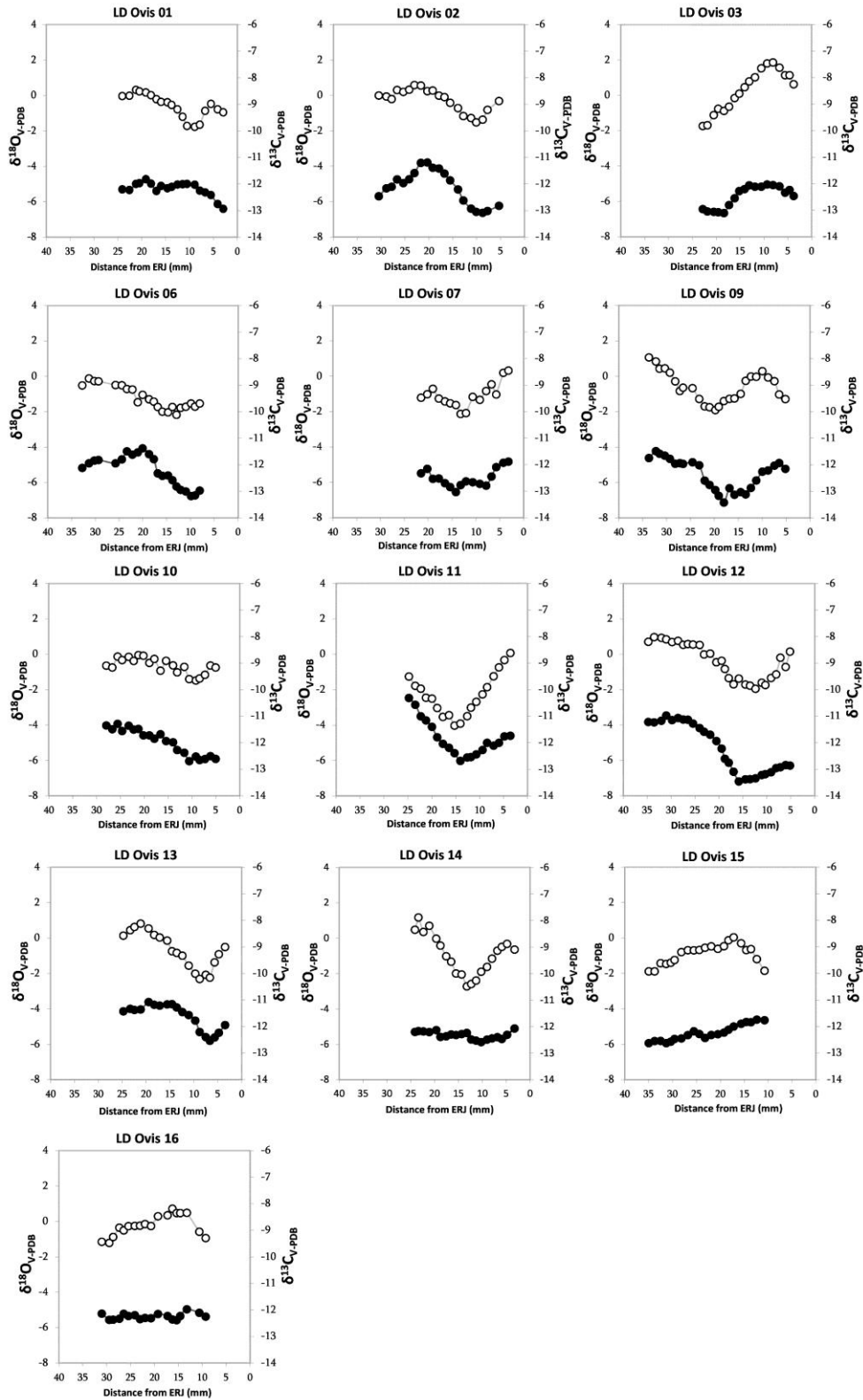


Figure 2a. Results of sequential stable carbon ( $\delta^{13}\text{C}$  in black) and oxygen ( $\delta^{18}\text{O}$  in white) isotope analysis in *Ovis aries* third molar (M3) enamel bioapatite. Each sample is located in the tooth crown relative to its distance from the enamel-root junction (erj).

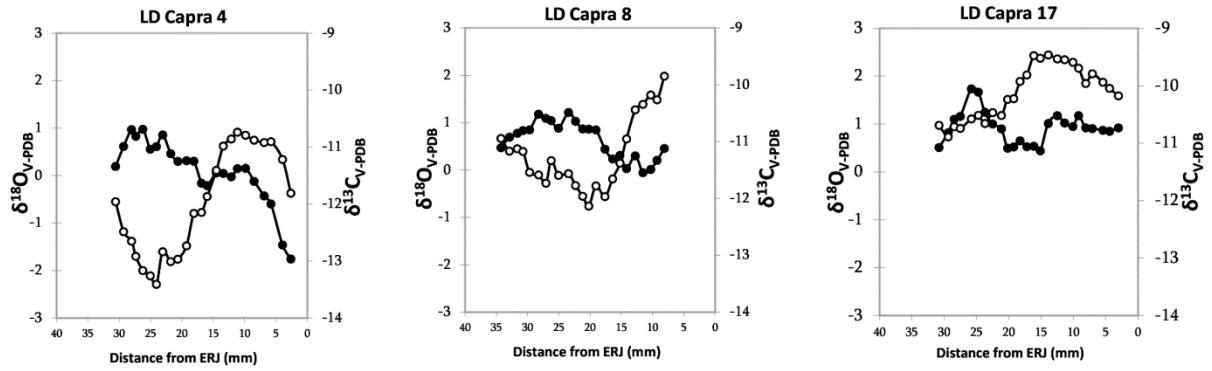


Figure 2b. Results of sequential stable carbon ( $\delta^{13}\text{C}$  in black) and oxygen ( $\delta^{18}\text{O}$  in white) isotope analysis in *Capra hircus* third molar (M3) enamel bioapatite. Each sample is located in the tooth crown relative to its distance from the enamel-root junction (erj).

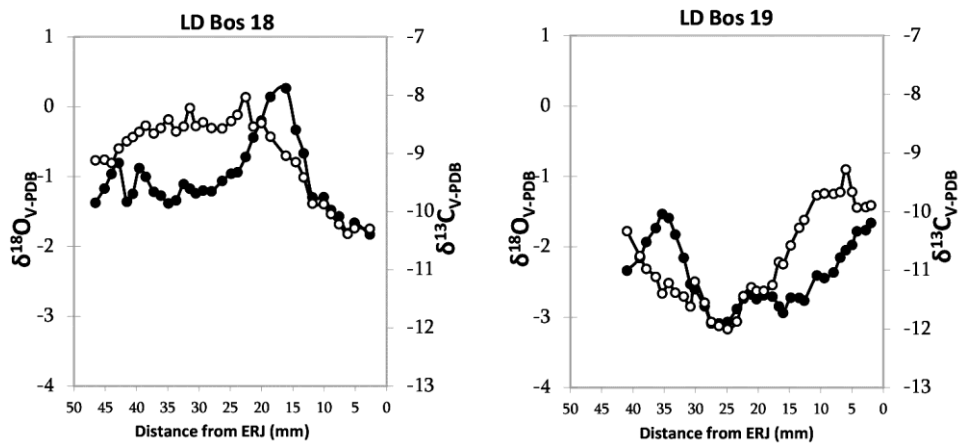


Figure 2c. Results of sequential stable carbon ( $\delta^{13}\text{C}$  in black) and oxygen ( $\delta^{18}\text{O}$  in white) isotope analysis in *Bos taurus* third molar (M3) enamel bioapatite. Each sample is located in the tooth crown relative to its distance from the enamel-root junction (erj).

## DISCUSSION

Mortality profiles of caprines and bovines in La Draga suggest a year-round presence of sheep, goat and cattle at the site. Indeed, there is evidence for the keeping of flocks inside the settlement (Saña, 2011, 2015; Antolín et al., 2014). Moreover, sequential oxygen and carbon isotopic values obtained in this study do not suggest that long-term mobility (i.e. systematic seasonal mobility patterns) were part of the management of these species (Tornero et al., 2016, 2017; Knockaert et al., 2017). Hence, differences here documented in sequential isotopic values might be interpreted in terms of different seasonal dietary patterns between sampled specimens. Although all measured values in caprine and bovine teeth from La Draga reflect grazing on terrestrial plants during the

annual cycle, important differences are found between herds and herd-specimens. In sheep, the oscillation of the  $\delta^{13}\text{C}$  values follows the same pattern observed in  $\delta^{18}\text{O}$  values. However, the specimens LD Ovis 01, 15 and 16 present a lower correlation between the  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  sequences (for specimen LD Ovis 01, Pearson's  $r$ : 0.19,  $p > 0.05$ ; for specimen LD Ovis 15, Pearson's  $r$ : 0.37,  $p > 0.05$ ; and finally, for specimen 16, Pearson's  $r$ : 0.15,  $p > 0.05$ ) (Table 3). One explanation may be the differential consumption of  $\text{C}_3$ -plants with more water availability by these specimens LD Ovis 01, 15 and 16. Lacustrine carbonates usually have lower  $\delta^{13}\text{C}$  values due to incorporation of  $\text{CO}_2$  derived from the decay of plant material in soil (Clark and Fritz, 1997; Bullen and Kendall, 1998). In La Draga settlement, aquatic and hygrophilous species such as *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Lythrum salicaria* and several *Cyperaceae* are documented with a representation of around 10% in the analyzed pollen values (Revelles et al., 2016). They are perennial plants and thus they would be available all year round. The annual or partially consumption of these aquatic and hygrophilous plants could be here reflected in the individuals through a low correlation values of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  in comparison with the those individuals who followed a seasonal oscillation in diet composition.

In comparison with the dynamics observed for sheep, the pattern obtained for goat shows a point enrichment of  $\delta^{13}\text{C}$  values that does not coincide with the warm events represented by the highest values. In goat, the highest  $\delta^{13}\text{C}$  values are registered during the winter or early winter periods. Thus, the results obtained would indicate an additional food intake outside the seasonal cycle. This contribution of resources could be explained by different factors. First, an alimentary stimulus may have been planned to improve the ovulation rate of the goats, through an increase in the nutritional value of the food in quantity and quality at the time of estrus (Walkden et al., 1994). Food stimulation can increase the number of ovules in order to increase the number of offspring, while helping to implant the embryo in the uterus, preventing embryonic deaths (Forcada and Abecia, 2006). This fact may suggest that winter surplus involved a reproduction strategy in order to forward or delay the biological period of estrus of this species, expected in autumn. The objective of this reproduction strategy would be to maximize mating and bearing success. Second, the alimentary stimulus could be planned also to pursue meeting the nutritional requirements of goat livestock, improving food quality and as a stimulus to milk production. Indeed, the relationship between milk production and food quality has been observed ethnographically, e.g. among modern sheep farmers in NW Greece, where livestock are stall-fed for several months over winter (Halstead, 1998). The archaeozoological analysis documented infantile mortality of goat specimens at the site, and this could be the result of the exploitation of milk (Vigne and Helmer 2007; Saña 2011). In addition, milk exploitation has been documented by fatty acid analysis at the site (Rosell et al., in prep).

A similar dynamic to that observed for goat is also documented for cattle. In this case, the values obtained from  $\delta^{13}\text{C}$  show point enrichment at the end of the dry season coinciding with the expected period of estrus of the species (Reinhardt et al., 1986). In

cattle, the seasonality of birth may be conditioned by the availability of food. The season of cattle mating could be related to the annual agricultural cycle and the seasonal growth of the vegetation (Balasse et al., 2014). In the Neolithic sites that have been analysed in this respect, the period of birth is long. In Cheia (Romania), the period of birth was three to four months (Balasse et al., 2014) and six months was documented in the Bercy (France) (Balasse et al., 2012). To fully understand these results, other archaeological evidence regarding cattle remains at the site of La Draga should be considered. On the one hand, pathologies and osseous deformations interpreted as the result of mechanical stress on distal bones of extremities and articular surfaces of overstrained bones suggest to a certain extent the utilization of cattle as labour force (Saña et al., 2011; Antolin et al., 2014). On the other hand, and more significantly, cattle is the most important domestic species in terms of meat yield, implying 60% of the total record when considering the potential meat production at La Draga. Furthermore, at La Draga the relatively high number of cattle remains corresponding to fetal and neonatal specimens evidences that reproduction was not always successful, which has been explained mainly by environmental inclemency and a scarce seasonal food supply (Saña, 2011, Gillis et al., 2014). Consequently, the results may indicate significant feed supplementation during cattle mating in order to meet the nutritional requirements and thus counterbalance the observed failure in reproduction.

The specific enrichments of the  $\delta^{13}\text{C}$  values observed for goats and cattle present unexpected seasonal oscillations in  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  sequences. This enrichment may be the result of food-surplus in these species. In La Draga, an intensive mixed agriculture model has been proposed (Antolin et al., 2014). Possibly, permanent crops in small fields and a high harvesting technique would leave the stubble in place so that the animals could graze or the same agricultural by-products could be fed as forage (Antolín et al., 2014). Grasses that could belong to winter crops such as *Triticum aestivum/durum/turgidum* and *Hordeum vulgare* (Antolín, 2013), and which could be harvested in the months of autumn have been documented at La Draga. Indeed, the *Triticum* is the most important cereal quantitatively at the site and the agricultural economy was probably centred on its production (Antolín and Buxó, 2000). The presence of fragments of charred grain and weeds within the settlement of La Draga would indicate that the grain had previously been threshed and flailed. The amount of surplus straw could have been stored and kept in reserve as animal feed (Antolín, 2012). This food-surplus is closely related to agricultural practice at the site. Practicing an intensive model and keeping the animals close to the settlement might involve the provision of agricultural by-products in a timely manner for goat and cattle with the aim of making up seasonal food deficiencies and improving reproduction and breeding conditions. At least for goats and cattle, the values of  $\delta^{13}\text{C}$  documented during the colder and late-dry season may be a consequence of the contribution of crops collected during the dry season (e.g. *Triticum sp.* and *Hordeum vulgare*).

## CONCLUSION

The study of food habits in caprines and bovines succeeded in characterizing the complementarily husbandry strategies at La Draga. La Draga is a unique site for the assessment, in the Western Mediterranean area, of the degree of human intervention and investment in labour in the feeding of the herds. The favourable conditions for preservation of bioarchaeological remains have allowed the characterization of the type of feeding of the animal species analyzed. The differences in the  $\delta^{13}\text{C}$  values between domestic species show that the husbandry strategies followed by the early Neolithic communities at La Draga were planned in a complex way. It is highly probable that these strategies would be planned closely correlated to reproductive cycles and milk exploitation, a question that we will investigate in forthcoming studies. In this way, the rapid introduction and successful ecological adaptation of caprines and bovines to La Draga in the Early Neolithic would have been reinforced.

The introduction of the first domesticates to La Draga could have involved the practice of specialized management. The tasks of maintaining the herds and the complementarily nature of the agricultural and livestock cycles would require a complex organization of the different work processes involved in the management of animal resources. In addition, the occasional supply of forage could imply stabling or keeping the animals in the settlement during the winter in the case of goats, and in late summer in the case of cattle. In the case of sheep it is difficult to estimate to what extent the observed difference is a consequence of inter-annual variability in pasture areas or landscape degradation due to environmental factors during the occupation of the settlement.

This study offers new elements to characterize husbandry strategies in La Draga and opens new perspectives into early animal management strategies with an impact on the social and economic implications of the first domestic animals in the development of the Neolithic in the Iberian Peninsula.

## **Acknowledgements**

This work was funded by the Ministerio de Economía y Competitividad (Spain), under the project “*Producción animal y cerámica en el neolítico peninsular. Estudio biogeoquímico integrado del consumo y las prácticas culinarias*” (HAR2014-60081-R), directed by Dr Maria Saña. The isotope analyses were performed at the *Service de Spectrométrie de Masse Isotopique du Muséum national Histoire naturelle* of Paris, France (SSMIM) with technical assistance by Joël Ughetto (UMR7209/MNHN). Dr Tornero is a Juan de la Cierva-Incorporación postdoctoral researcher (No.: IJCI-2014-19909) of the Ministry of Economy and Competitiveness, Spanish Government but during the course of this project he was linked by a postdoctoral fellowship to the European Research Council (ERC) Starting Grant “SIANHE”-GA 202881 directed by Dr Marie Balasse.



## REFERENCES

- Aguilera, M., Ferrio, J.P., Araus, J.L., Tarrús, J., Voltas, J., 2011. Climate at the onset of western Mediterranean agriculture expansion: evidence from stable isotopes of sub-fossil oak tree rings in Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 299, 541-551.
- Altuna, J., Mariezkurrena, K., 2001. La cabaña ganadera del yacimiento de La Renke (Alava, País vasco). *Munibe Antropologia-Arkeologia* 53, 75-86.
- Altuna, J., Mariezkurrena, K., 2008. Restos de alimentación de origen animal de los pobladores de la cueva de Arenaza I (País Vasco) durante la Edad del Bronce. *Veleia* 24-25, 843-877.
- Altuna, J., Mariezkurrena, K., 2011. Diferenciación biométrica de *Sus scrofa* y *Sus domesticus* en yacimientos arqueológicos del norte de la Península Ibérica. *Kobie* 30, 5-22.
- Antolín, F., 2012. Experimental archaeology as a resource for approaching formation processes of seed assemblages. First results and future perspectives. *Estrat Crític* 6, 35-48.
- Antolín, F., 2013. Of Cereals, Poppy, Acorns and Hazelnuts. Plant Economy Among Early Farmers (5400-2300 Cal BC) in the NE of the Iberian Peninsula. An Archaeobotanical Approach. Ph.D. thesis. Universitat Autònoma de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/128997>.
- Antolín, F., Buxó, R., 2000. L'exploració de les plantes: Contribució a la història de l'agricultura i de l'alimentació vegetal del neolític a Catalunya. El poblament lacustre del neolític antic de La Draga. *Excavacions* 2005, 147-174.
- 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, 241-255.
- Antolín, F., Jacomet, S., Buxó, R., 2015. The hard knock life. Archaeobotanical data on farming practices during the Neolithic (5400–2300 cal BC) in the NE of the Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science* 61, 90–104.
- Balasse, M., 2002. Reconstructing dietary and environmental history from enamel isotopic analysis: time resolution of intra-tooth sequential sampling. *Int. J. Osteoarchaeol* 12, 155–165.
- Balasse, M., 2003. Potential biases in sampling design and interpretation of intra-tooth isotope analysis. *Int. J. Osteoarchaeol* 13, 3–10.
- Balasse, M., Ambrose, S. H., Smith, A. B., Price, T.D., 2002. The seasonal mobility model for prehistoric herders in the south-western Cape of South Africa assessed by

isotopic analysis of sheep tooth enamel. *Journal of Archaeological Science* 29(9), 917-932.

Balasse, M., Ambrose, S.H., 2005. Distinguishing sheep and goat using dental morphology and stable carbon isotopes in C4 grassland environments. *J. Archaeol. Sci.* 32, 691-702.

Balasse, M., Balasescu, A., Tornero, C., Frémondeau, D., Hovsepyan, R., Gillis, R., Popovici, D., 2015. Investigating the scale of herding in chalcolithic pastoral communities settled by the Danube river in the 5th millennium BC: a case study at Bordusani-Popina and Hârsova-tell (Romania). *Quaternary International* 436, 29-40.

Balasse, M., Boury, L., Ughetto-Monfrin, J., Tresset, A., 2012. Stable isotope insights (d18O, d13C) into cattle and sheep husbandry at Bercy (Paris, France, 4th millennium BC): birth seasonality and winter leaf foddering. *Environ. Archaeol.* 17, 29-44.

Balasse, M., Evin, A., Tornero, C., Radu, V., Fiorillo, D., Popovici, D., Andreescu, R., Dobney, K., Cucchi, T., Bălăşescu, A., 2016. Wild, domestic and feral? Investigating the status of suids in the Romanian Gumelnița (5th mil. cal BC) with biogeochemistry and geometric morphometrics. *Journal of Anthropological Archaeology* 42, 27–36.

Balasse, M., Tornero, C., Brehard, S., Ughetto-Monfrin, J., Voinea, V., Balasescu, A., 2014. Cattle and sheep herding at Cheia, Romania, at the turn of the fifth millennium cal BC: a view from stable isotope analysis. In: Bickle, P., Whittle, A. (Eds.), *Early Farmers: the View from Archaeology and Science*. Proceedings of the British Academy, London, pp. 115-142.

Balasse, M., Tresset, A., Ambrose, S.H., 2006. Stable isotope evidence (delta C-13, delta O-18) for winter feeding on seaweed by Neolithic sheep of Scotland. *J. Zool.* 270, 170-176.

Bender, M.M., 1971. Variations in the 13C/12C ratios of plants in relation to the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation. *Phytochemistry* 10(6), 1239-1244.

Brown, W.A.B., Christofferson, P.V., Massler, M., Weiss, M.B., 1960. Postnatal tooth development in cattle. *American Journal of Veterinary Research* 21, 7-34.

Bryant, J.D., Koch, P.L., Froelich, P.N., Showers, W.J., Genna, B.J., 1996. Oxygen isotope partitioning between phosphate and carbonate in mammalian apatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60(24), 5145-5148.

Bullen, T. D., Kendall, C., 1998. Tracing of Weathering Reactions and Water Flowpaths: A Multi-isotope Approach. In Kendall, C., McDonnell, J.J. (Eds.), *Isotope tracers in catchment Hydrology*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, pp. 611-646.

Burjachs, F., 2000. El paisatge del neolític antic. Les dades palinològiques. In: Bosch, À., Chinchilla, J., Tarrús, J. (Eds.), *El poblat lacustre neolític de la Draga. Excavacions de 1990 a 1998*. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp. 46–50.

- Caruso-Ferre, L., Pique, R., 2014. Landscape and forest exploitation at the ancient Neolithic site of La Draga. *Holocene* 24 (3), 266-273.
- Castañós, P., 2004. Estudio arqueozoológico de los macromamíferos del Neolítico de la cueva de Chaves (Huesca). *Saldvie* 4, 125-171.
- Cerling, T.E., Harris, J.M., 1999. Carbon isotope fractionation between diet and bioapatite in ungulate mammals and implications for ecological and paleoecological studies. *Oecologia* 120, 347–363.
- Cerling, T.E., Harris, J.M., Ambrose, S.H., Leakey, M.G., Solounias, N., 1997. Dietary and environmental reconstruction with stable isotope analyses of herbivore tooth enamel from the Miocene locality of Fort Ternan, Kenya. *J Hum Evol* 33, 635–50.
- Clark, I. D., Fritz, P., 1997. *Environmental isotopes in hydrogeology*. CRC press.
- Clarke, J.L., Welch, D., Gordon, L.J., 1995. The influence of vegetation pattern on the grazing of heather moorland by red deer and sheep. The location of animals on grass/heather mosaics, *J. Appl. Ecol.* 32, 166-176.
- Cunill, R., Soriano, J., Bal, M., Pèlachs, A., Pérez-Obiol, R., 2012. Holocene treeline changes on the south slope of the Pyrenees: a pedoanthracological analysis. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 373-384.
- D'Angella, D., Longinelli, A., 1990. Oxygen isotopes in living mammal's bone phosphate: further results. *Chemical Geology* 86, 75–82.
- Dansgaard, W., 1964. Stable isotopes in precipitation. *Tellus* 16, 436–468.
- Digard, J.P., 1981. *Techniques des nomades Baxtyâri d'Iran*. Cambridge University Press.
- Dwyer, J., 2016. The behavior of Sheep and Goats. In Jensen, P. (Ed.), *The ethology of domestic animals: an introductory text*. CABI, pp. 161-177.
- Farquhar, G.D., Ball, M.C., von Caemmerer, S., Roksandic, Z., 1982. Effect of Salinity and Humidity on  $^{13}\text{C}$  value of halophytes- evidence for diffusional isotope fractionation determined by the ratio of intercellular atmospheric partial pressure of  $\text{CO}_2$  under different environmental conditions. *Oecologia* 52, 121–124.
- Farquhar, G.D., Ehleringer, J.R. Hubick, K.T., 1989. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40, 503–537.
- Forcada, F., Abecia, J.A., 2006. The effect of nutrition on the seasonality of reproduction in ewes. *Reproduction Nutrition Development* 46(4), 355-365.
- Fricke, H.C., O'Neil, J.R., 1996. Inter- and intra-tooth variation in the oxygen isotope composition of mammalian tooth enamel phosphate: implications for

palaeoclimatological and palaeobiological research. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 126, 91-99.

García-Puchol, O., Bernabeu-Aubán, J., Barton, C. M., Pardo-Gordó, S., McClure, S. B., Díez-Castillo, A., 2017. A Bayesian Approach for Timing The Neolithization in Mediterranean Iberia. *Radiocarbon*, 1-25.

Garmendia, J., 2005. Suplementación estratégica de vacas de doble propósito alrededor del parto. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Univ. Nac. Exp. Táchira, San Cristóbal, Venezuela, pp. 112-129.

Grant, A., 1975. Appendix B: The use of tooth wear as a guide to the age of domestic animals: A brief explanation. *Excavations at Portchester Castle 1*, 437-450.

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., Collins, P., 2002. Sorting the sheep from the goats: morphological distinctions between the mandibles and mandibular teeth of adult *Ovis* and *Capra*. *J. Archaeol. Sci.* 29, 545-553.

Hartman, G., Danin, A., 2010. Isotopic values of plants in relation to water availability in the Eastern Mediterranean region. *Oecologia* 162, 837–852

Heaton, T.H.E., 1999. Spatial, species, and temporal variations in the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of  $\text{C}_3$  plants: implications for paleodiet studies. *J Archaeol Sci* 26, 637–49.

Helmer, D., 1992. *La domestication des animaux par les hommes préhistoriques*. Masson, Paris.

Helmer, D., Vigne, J.D., 2004. *La gestion des cheptels de caprinés au Néolithique dans le midi de la France. Approches fonctionnelles en Préhistoire*. Paris: Société Préhistorique Française Édition, pp. 397-407.

Knockaert, J., Balasse, M., Rendu, C., Burens, A., Campmajo, P., Carozza, L., Vigne, J.D., 2017. Mountain adaptation of caprine herding in the eastern Pyrenees during the Bronze Age: A stable oxygen and carbon isotope analysis of teeth. *Quaternary International* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.029>.

Kohn, M.J., Schoeninger, M.J., Valley, J.W., 1998. Variability in oxygen isotope compositions of herbivore teeth: reflections of seasonality or developmental physiology? *Chem. Geol.* 152, 97-112.

Körner, C., Farquhar, G.D., Wong, S.C., 1991. Carbon isotope discrimination by plants follows latitudinal and altitudinal trends. *Oecologia* 88(1), 30-40.

Land, L.S., Lundelius, E.L., Valastro, S., 1980. Isotopic ecology of deer bones. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 32, 143-151.

- Lee-Thorp, J.A., van der Merwe, N., 1987. Carbon isotope analysis of fossil bone apatite. *S. Afr. J. Sci.* 83, 712-715.
- Longinelli, A., 1984. Oxygen isotopes in mammal bone phosphate: A new tool for paleohydrological and paleoclimatological research? *Geochim Cosmochim Acta* 48, 385-390.
- Luz, B., Kolodny, Y., Horowitz, M., 1984. Fractionation of oxygen isotopes between mammalian bone-phosphate and environmental drinking water. *Geochim. Cosmochim. Acta* 48, 1689-1693.
- Makarewicz, C.A., Sealy, J., 2015. Dietary reconstruction, mobility, and the analysis of ancient skeletal tissues: expanding the prospects of stable isotope research in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 56, 146-158.
- Marin-Arroyo, A.B., Morales, M., 2009. Comportamiento economico de los últimos cazadoresrecolectores y primeras evidencias de domesticacion en el occidente de Asturias. *La Cueva de Mazaculos II. Trabajos de Prehistoria* 66 (1), 47-74.
- Nagy, K.A., 1989. Doubly-labeled water studies of vertebrate physiological ecology In: Ehleringer, J.R., Rundel, P.W., Nagy, K.A. (Eds.), *Stable Isotopes in Ecological Research*. Springer Verlag, London, pp. 270-287.
- Navarrete, V., Colonese, A. C., Tornero, C., Antolín, F., Von Tersch, M., Subirà, E., 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.
- Noddle, B., 1974. Ages of epiphyseal closure in feral and domestic goats and ages of dental eruption. *Journal of Archaeological Science* 1(2), 195-204.
- Owen-Smith, N., Danckwerts, J.E., 1997. *Herbivory. Vegetation of Southern Africa*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 397-420.
- Payne, S., 1973. Kill-off patterns in sheep and goats: the mandibles from Asvan Kale. *Anatol. Stud.* 23, 281-303.
- Pèlachs, A., Soriano, J.M., Nadal, J., Esteban, A., 2007. Holocene environmental history and human impact in the Pyrenees. *Contributions to Science: 3* (3), 421-429.
- Pérez-Obiol, R., Jalut, G., Julià, R., Pèlachs, A., Iriarte, M. J., Otto, T., Hernández-Beloqui, B., 2011. Mid-Holocene vegetation and climatic history of the Iberian Peninsula. *The Holocene* 21(1), 75-93.
- Pérez-Obiol, R., Julià, R., 1994. Climatic change on the Iberian Peninsula recorded in a 30.000 yr pollen record from Lake Banyoles. *Quat. Res.* 41, 91-98.
- Polley, H.W., Johnson, H.B., Marinoj, B.D., Mayeux, H.S., 1993. Increase in C3 plant water-use efficiency and biomass over Glacial to present C0. *Nature* 361, 7.

- Prache, S., Gordon, I.J., Rook, A.J., 1998. Foraging behaviour and diet selection in domestic herbivores. *Annales de Zootechnie* Vol. 47(5-6), 335-345.
- Reinhardt, C., Reinhardt, A., Reinhardt, V., 1986. Social behaviour and reproductive performance in semi-wild Scottish Highland cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 15(2), 125-136.
- Revelles, J., Burjachs, F., Morera, N., Barceló, J. A., Berrocal, A., López-Bultó, O., Terradas, X., 2017. Use of space and site formation processes in a Neolithic lakeside settlement. Pollen and non-pollen palynomorphs spatial analysis in La Draga (Banyoles, NE Iberia). *Journal of Archaeological Science* 81, 101-115.
- Revelles, J., Antolín, F., Berihuete, M., Burjachs, F., Buxó, R., Caruso, L., López, O., Palomo, A., Piqué, R., Terradas, X., 2014. Landscape transformation and economic practices among the first farming societies in Lake Banyoles (Girona, Spain). *Environ. Archaeol.* 19 (3), 298–310.
- Revelles, J., Burjachs, F., van Geel, B., 2016. Pollen and non-pollen palynomorphs from the early Neolithic settlement of La Draga (Girona, Spain). *Rev. Palaeobot. Palynol.* 225, 1-20.
- Rojo, M.A., Garrido, R., García-Martínez de Lagran, I., 2012. *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo*. Cátedra
- Rojo, M.A., Kunst, M., Garrido, R., García, I., Morán, G., 2008. *Paisajes de la memoria: asentamientos del neolítico antiguo en el Valle de Ambrona (Soria, España)*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Rozanski, K., Araguás-Araguás, L., Gonfiantini, R., 1993. Isotopic patterns in modern global precipitation. *Climate change in continental isotopic records*, 1-36.
- Rowley-Conwy, P., Halstead, P., Collins, P., 2002. Derivation and application of a food utility index (FUI) for European wild boar (*Sus scrofa* L.). *Environmental archaeology* 7(1), 77-88.
- Gillis, R., Carrère, I., Saña Seguí, M., Radi, G., Vigne, J.D., 2016. Neonatal mortality, young calf slaughter and milk production during the Early Neolithic of north western *Mediterranean*. *International Journal of Osteoarchaeology* 26(2), 303-313.
- Sánchez, M.C., Espejo, F.J.J., Vallejo, M.D.S., Bao, J.F.G., Carvalho, A.F., Martínez-Ruiz, F., Peña-Chocarro, L., 2012. The Mesolithic–Neolithic transition in southern Iberia. *Quaternary Research* 77(2), 221-234.
- Saña, M., Antolín, F., Zapata, M., Castells, L., Craig, O.E., Benaiges, M.E., Spiteru, C., 2015. Prácticas agropecuarias durante el Neolítico antiguo y medio en la cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona) In Gonçalves, V., Diniz, M., Sousa, A.C. (Eds.), 5º Congresso do Neolítico Peninsular .Centro do Arqueologia da Universidade de Lisboa: Lisboa, pp.57-66.

- 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*. Monografies del CASC 9, Girona, pp. 50–64.
- Saña, M., 1998. Els recursos animals. In À. Bosch, R., Buxó, A., Palomo, M., Buch, J., Mateu, E., Tabernero, J., Casadevall. (Eds.), *El poblament neolític de Plansallosa. L'exploració del territori dels primers agricultors-ramaders de l'Alta Garrotxa*. Publicacions eventuales d'arqueologia de la Garrotxa 5. Olot, pp. 93-98.
- Saña, M., 2013. Domestication of animals in the Iberian Peninsula. In Colledge, S., Conolly, J., Dobney, K., Manning, K., Shennan, S. (Eds.), *The origins and spread of domestic animals in southwest Asia and Europe*. Walnut Creek: Left Coast Press, pp.195-220.
- Smedley, M.P., Dawson, T.E., Comstock, J.P., Donovan, L.A., Sherrill Dem Cook, C.S., Ehleringer, J.R., 1991. Seasonal carbon isotope discrimination in a grassland community. *Oecologia* 85, 314–320.
- Tornero, C., 2011. Estrategias de explotación, gestión y apropiación del ganado en las primeras sociedades campesinas del valle medio del Eufrates (República Árabe de Siria). Integración de los análisis biogeoquímicos al estudio arqueofaunístico de tell Halula (Valle Medio del Eufrates, República Árabe de Siria). *Unpublished Ph. D.*
- Terradas-Batlle, X., Piqué, R., Palomo, A., Bosch, À., Buxó, R., Chinchilla, J., Rosillo, R., 2015. Darreres intervencions arqueològiques al poblament neolític de La Draga al l'estany de Banyoles (Banyoles, Pla de l'Estany). *Tribuna d'Arqueologia 2012-2013*, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya (ed.). Entitat Autònoma del Diari Oficial i de Publicacions: Barcelona, pp. 33-47.
- Tieszen, L.L., 1991. Natural variations in the carbon isotope values of plants: implications for archaeology, ecology, and paleoecology. *J. Archaeol. Sci.* 18, 227–248.
- Tieszen, L.L., Fagre, T., 1993. Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO<sub>2</sub>, bone collagen, bioapatite and soft tissues. In Lambert, J.B., Grupe, G. (Eds.), *Prehistoric human bone. Archaeology at the molecular level*, Berlin: Springer-Verlag, pp.121–155.
- Tornero, C., Aguilera, M., Ferrio, J. P., Arcusa, H., Moreno-García, M., Garcia-Reig, S., Rojo-Guerra, M., 2017. Vertical sheep mobility along the altitudinal gradient through stable isotope analyses in tooth molar bioapatite, meteoric water and pastures: A reference from the Ebro valley to the Central Pyrenees. *Quaternary International* (2017), <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.11.042>.
- 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.

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), 9-40.

Vogel, J.C., 2012. Fractionation of the Carbon Isotopes During Photosynthesis: Submitted to the Session of 19 April, 1980. Springer Science & Business Media.

Weinreb, W., Sharav, Y., 1964. Tooth development in sheep. *Am. J. Vet. Res.* 25, 891-908.

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.





## Capítulo 6

### **Discusión: domesticación animal y practicas ganaderas en el marco de los procesos de neolitización del área más occidental del Mediterráneo**

#### **6.1. Domesticación e incorporación de las especies domésticas a la estrategia económica**

A inicios del Neolítico en la Península Ibérica se documenta un considerable grado de variabilidad en la representación de los recursos salvajes y domésticos, así como de las frecuencias de representación de las especies domésticas.

Las especies domésticas representan el 98% de los restos de fauna recuperados en el yacimiento de Reina Amàlia (Navarrete y Saña, inédito; Saña y Navarrete, 2016), el 97% en La Draga (Saña, 2011; Navarrete y Saña, 2014), y el 90% en cova del Frare (Estévez, 1981; Navarrete y Saña, inédito). La representación de las especies silvestres en estos yacimientos disminuye a consecuencia de la introducción de los recursos domésticos, aunque este hecho no supone una ruptura abrupta con el período anterior, sino que la explotación de los recursos silvestres se da de forma complementaria y simultánea a la de los recursos domésticos (Saña, 2011, 2013; Navarrete y Saña, 2014; Saña y Navarrete, 2016; Navarrete y Saña, inédito). Esta dinámica observada para el noreste peninsular también se documenta para la zona centro (Morales y Martín, 2003; Rojo et al., 2008) y litoral peninsular (Pérez-Ripoll 1980, 1990, 2006; Guillem et al., 2002; Tormo, 2011; Llorente, 2015). En cambio, la zona del norte de la Península Ibérica presenta una dinámica diferente, con el predominio de la actividad de caza a inicios del Neolítico. Los recursos silvestres presentan en los yacimientos neolíticos de esta área porcentajes entre el 38% al 99% (Altuna, 1972; Mariezkurrena y Altuna, 1995).

La dinámica general observada para la Península Ibérica se evidencia también durante el Neolítico Inicial en el sur de Europa, documentándose de forma generalizada el dominio de las especies domésticas (Cantuel et al., 2008; Bartosiewicz, 2007; Vigne, 2003, 2005). En el centro y norte de Europa se registra en cambio una dinámica similar a la comentada para el norte de la Península Ibérica (Arbogast y Pétrequin, 1993; Schibler 2001; Schiber y Jacomet, 2010).

Entre las especies domésticas, se observa de manera generalizada una mayor importancia cuantitativa de los ovicápridos, principalmente en los yacimientos localizados en cuevas y abrigos (Blasco et al., 2001; Morales y Martín, 2003; Castaños, 2004; Martín et al., 2009; Saña, 2013; Saña et al., 2015). Se ha propuesto, teniendo en cuenta estos datos, la práctica de una estrategia ganadera que contempla la movilidad de los rebaños, probablemente gracias a la

fácil adaptación en la ingesta de alimentos de estas especies en contextos de bosques mediterráneos, aprovechando tanto pastos como sotobosque (Rojo et al., 2013; Tornero et al., 2017). Por el contrario, en yacimientos situados en aire libre, la ganadería de bóvidos y suidos constituye una actividad significativamente relevante en los momentos iniciales del Neolítico (Saña, 2013). En el yacimiento de La Draga, por ejemplo, se ha documentado la práctica de una agricultura intensiva en pequeñas parcelas con el objetivo de sacar mayor rendimiento de los cultivos (Antolín, 2013). Este modelo agrícola también se ha propuesto para la zona del Levante peninsular (Pérez-Jordà y Peña-Chocarro, 2013), así como para Europa Central y el sudeste europeo (Halstead, 2000; Bogaard, 2004). Este sistema agrícola intensivo habría implicado una estrecha integración entre ganadería y agricultura, en el sentido de que los subproductos o parte del producto del trabajo agrícola podría haber sido destinado a la alimentación del ganado, el cual a su vez habría proporcionado abono para fertilizar estas pequeñas parcelas de terreno agrícola (Bogaard, 2005; Antolín et al., 2014). Pese a que la práctica agrícola habría exigido una mayor permanencia sobre el territorio, debido al carácter anual de los cultivos ya desde las primeras etapas del Neolítico, en el caso de la ganadería se pueden implementar estrategias móviles de seguimiento de los rebaños o constituir asentamientos puntuales en torno a los campos de cultivo (Antolín, 2013; Pérez-Jordà y Peña-Chocarro, 2013; Antolín et al., 2014, 2017). La variabilidad registrada en las especies domésticas y silvestres representadas puede reflejar diferencias en la funcionalidad de los yacimientos (Helmer y Alabama, 2005). Ejemplos actuales en áreas de montaña del Mediterráneo refuerzan la coexistencia de diferentes estrategias ganaderas y no, únicamente, estrategias de carácter móvil (Halstead, 1990). En este sentido, las zonas de montaña muestran características que refuerzan el carácter sedentario de los grupos humanos ya en los momentos iniciales del Neolítico (Antolín et al., 2015).

La dinámica observada en el noreste peninsular en yacimientos en aire libre, con una representación relativamente importante de bóvidos y suidos, presenta diferencias respecto a la zona del Valle del Ebro, donde se observa el predominio generalizado de los ovicápridos (Castaños, 2004) y respecto al Levante peninsular, con el predominio de ovinos (Pérez-Ripoll, 1977, 1980). El predominio de ovejas y cabras se evidencia también en otras partes del Mediterráneo como Grecia (Cantuel et al., 2008; Halstead, 1996; laakidou, 2008), en los Balcanes (Bartosiewicz, 2005, 2007), el litoral adriático (Legge y Moore, 2011), y en el Mediterráneo más occidental (Vigne, 2003; Vigne y Carrère, 2007; Bréhand et al., 2010), mientras que en la zona templada de Europa predominaría la ganadería de bueyes y/o cerdos (Döhle, 1997).

Si bien existe un consenso generalizado en cuanto a la adopción de ovejas y cabras en su forma ya doméstica, el debate sigue abierto en lo concerniente a suidos y bovinos. Para los suidos, se documentan a inicios del Neolítico dinámicas diferenciadas (Saña, 2013) que contemplan desde la práctica de una estrategia de caza intensiva sobre las poblaciones de jabalí en el norte peninsular (Mariezkurrena & Altuna, 1990; Altuna, 1972, 1980), la explotación simultánea de las dos especies (Hadjikoumis, 2011) hasta su cría plenamente sistematizada (Saña, 2011, 2013, 2014). En yacimientos neolíticos como Zatoya (5743-4590 cal ANE) situado en Navarra, o Marizulo (5214-4718 cal ANE) situado en Guipuzkoa, se continúa documentando durante el Neolítico Inicial, por ejemplo, una explotación intensiva de jabalí sin evidenciarse prácticamente cambios en la estrategia de gestión de los recursos animales respecto a períodos anteriores (Mariezkurrena y Altuna, 1990; Altuna, 1972, 1980).

Los primeros animales domésticos en la zona mediterránea peninsular se documentan ca. 5600-5500 (Saña, 2013; Navarrete y Saña, 2013; Navarrete y Saña, 2017), en la zona sur y oeste de la Península Ibérica ca. 5500-5000 cal ANE (Rojo et al., 2012; Saña, 2013), en cambio para la zona interior peninsular ca. 5000 cal ANE (Morales y Martín, 2003; Rojo et al., 2008). Estos datos contrastan con las primeras evidencias de domesticación en las regiones del norte peninsular, en áreas como el valle superior del Ebro y el litoral cantábrico se sitúa ca. 4500 cal ANE (Castaños, 2004; Altuna y Mariezkurrena 2009). A partir de la correlación entre las fechas radiocarbónicas y el área geográfica, se documenta que las estrategias productivas basadas en la domesticación de los animales se establecieron en prácticamente toda la península desde áreas cerca de la costa mediterránea hasta ubicaciones más centrales. Varias son las hipótesis también sobre la domesticación del uro (Larson et al., 2013, 2015). La explotación de *Bos primigenius* está documentada durante el Neolítico Inicial en casi toda la Península Ibérica (con frecuencias no superiores al 5%), aunque las evidencias son más comunes en el norte peninsular y el Valle del Ebro (Saña, 2013). A partir de los resultados de DNA llevados a cabo sobre los restos de uro del nivel mesolítico del yacimiento de Mendandia, se ha detectado el haplotipo T3 generalmente asociado a la especie doméstica procedente del Próximo Oriente y el principal haplotipo en el ganado vacuno del Mediterráneo Occidental. Estos resultados han abierto el debate en torno a la documentación de la especie doméstica en contextos anteriores al Neolítico (Alday et al., 2012). En el noreste peninsular, la explotación de la especie silvestre y la doméstica fue simultánea, con el predominio de la especie doméstica (Saña, 2013). Uno de los yacimientos más significativos para el estudio de la continuidad de la especie silvestre/doméstica es el yacimiento de La Draga, en el cual se documenta una gran variabilidad de talla de la población de *Bos* durante el Neolítico Inicial, lo cual puede ser

representativo de diferentes formas de adopción de la especie doméstica (Saña, 2000; Navarrete y Saña, 2013). Los trabajos de DNA sobre los restos de bóvido detectan el haplotipo T1, este haplotipo puede estar representando la difusión de los animales domésticos desde el Próximo Oriente (Colominas et al., 2015).

La neolitización de la costa sur peninsular es uno de los pocos lugares donde es posible evaluar directamente las posibles influencias desde la costa norte de África (Gibaja et al., 2012; Sánchez et al., 2012; Aura et al., 2013) aunque la principal limitación en el estudio es la falta de representación de asociaciones de restos de fauna en estas áreas correspondientes a cronologías neolíticas.

La correlación de los datos arqueofaunísticos con los datos arqueobotánicos reafirma las diferencias geográficas en cuanto a la introducción de las especies domésticas. Los cultivos domésticos documentados en la Península Ibérica son de procedencia alóctona, a excepción de la adormidera (Peña-Chocarro y Zapata, 2012; Antolín, 2013; Antolín y Buxó, 2011). El ritmo general de introducción de estas especies es rápido (Guilaine, 2003), con prácticas agrarias de carácter permanente e intensivo desde los primeros momentos del Neolítico Inicial (Antolín, 2013). Las primeras evidencias de cereales domésticos están documentadas en la vertiente sur de los Pirineos con el registro de cereales domésticos en el yacimiento de Bauma Margineda ca. 6000-5400 cal ANE (Marinval, 1995; Rojo et al., 2008; Peña-Chocarro y Zapata, 2012). Para el área del Levante mediterráneo se documenta la presencia de cultivos domésticos ca. 5600-5000 cal ANE (Bernabeu et al., 2003, 2005, 2016) y en la zona del noreste peninsular ca. 5500-5300 cal ANE (Blasco et al., 2005, Buxó, 2005; Antolín et al., 2013, 2014, 2017). Para el área de la meseta las fechas más antiguas se sitúan ca. 5400-5000 cal ANE (Jimenez-Guijarro et al., 2008) y el sur peninsular ca. 5500-5300 (Martínez-Fernández et al., 2009). Para el norte peninsular, los datos arqueobotánicos disponibles son escasos, y las primeras evidencias de cultivos domésticos se sitúan ca. 5000-4200 cal ANE (Zapata et al., 2004). Los datos arqueobotánicos obtenidos hasta la actualidad evidencian una marcada diversidad regional a inicios del Neolítico. Los yacimientos de la costa mediterránea y sur peninsular presentan una variedad de cultivos importante, destacando las variedades de trigo, cebada y leguminosas (Antolín, 2013). En cambio en la costa cantábrica los primeros contextos con evidencias de agricultura demuestran la presencia de trigo vestido y desnudo y cebada, estando ausente las leguminosas (Zapata et al., 2004). En el interior peninsular la situación es también muy diversa (Zapata et al., 2004; Rojo et al., 2012). La identificación de cultivos en yacimientos en de media y alta montaña (entre 1500-2500 msnm) pone de manifiesto la existencia de una economía de tipo intensivo en estas áreas (Antolín, 2013).

En este contexto, algunos de los modelos explicativos sobre los orígenes del neolítico basados en un carácter unidireccional deberían ser revisados. La variabilidad regional que presentan las prácticas socioeconómicas a inicios del Neolítico demuestra no obstante la integración exitosa de las especies domésticas al sistema productivo neolítico, a excepción del norte peninsular donde se documenta la presencia de animales y cultivos domésticos con posterioridad a las otras áreas peninsulares (Zapata et al., 2004; Rojo et al., 2012; Antolín, 2013; Saña, 2011, 2013; Saña y Navarrete, 2016; Navarrete et al., *submitted*).

La variabilidad documentada en la representación de las especies domésticas y las estrategias de gestión de los rebaños practicadas durante el Neolítico en el territorio peninsular son similares de manera general a las documentadas para el área mediterránea (Tresset y Vigne, 2007; Vigne, 2011, 2013; Halstead and Isaakidou, 2013), área para la que se documenta una fuerte regionalización. De este modo, se relaciona la documentación de la forma doméstica y la cerámica impresa (Manen y Guilaine, 2002; Vigne, 2007; García-Atienazar et al., 2011; Bernabeu et al., 2009, 2012; Guilaine, 2017). En concreto, en el sur de Europa, las primeras especies domésticas y gran parte de la cultura material considerada neolítica aparecieron juntas, con una resolución cronológica aproximada, y de manera abrupta (Halstead and Isaakidou, 2013). Se ha vinculado la neolitización del área mediterránea con los orígenes del fenómeno en el Próximo Oriente, relacionándose tradicionalmente la adopción de las especies domésticas como resultados del movimiento de población o transmisión de conocimiento e ideas. Complementariamente, se han propuesto en el marco de este modelo general la existencia de núcleos de domesticación independientes, característica que apoya la existencia de reiteradas acciones de domesticación en el espacio y tiempo (Larson et al. 2005; Wright y SViner-Daniels 2014; Evin et al., 2014, 2015). Por tanto, no puede considerarse un único escenario en el proceso de neolitización y domesticación animal (Saña, 1999; Evin et al. 2015).

Para precisar estas dinámicas, es necesaria la evaluación de otras variables que permitan documentar las nuevas relaciones productivas que se desarrollan durante los momentos iniciales del Neolítico. Aunque a largo plazo es evidente que la cría de ganado llegó a dominar los ciclos productivos, es importante tener en cuenta la flexibilidad de las estrategias de gestión animal practicadas a inicios del Holoceno Inicial y no considerar los inicios de la domesticación o de la ganadería como un punto de no retorno, al menos en sus orígenes (Saña, 1999). Son diversas las trayectorias que pudieron conducir a la domesticación (Arbuckle et al., 2014; Evin et al., 2014, 2015; Larson et al., 2014; Vigne, 2014, 2015; Zeder, 2015, 2016, 2017). Para el caso concreto de la Península Ibérica, de momento no es posible descartar que

la domesticación y la adopción de animales ya domesticados a inicios del Neolítico fueran opciones excluyentes (Saña, 2013).

## **6.2. Implicaciones de la ganadería neolítica como proceso productivo**

El estudio del proceso de domesticación animal no debe basarse únicamente en la identificación de la especie doméstica en contextos neolíticos, sino que, desde una perspectiva más amplia, es necesario documentar las nuevas relaciones productivas que implicó su adopción. En consonancia, los avances metodológicos y técnicos y la integración de nuevos métodos en arqueozoología han permitido incidir de manera detallada en estos cambios.

A inicios del Neolítico, uno de los aspectos fundamentales a la hora de analizar las estrategias ganaderas de los primeros rebaños de animales domésticos es conocer los procesos de trabajo implicados en el mantenimiento de los animales (alimentación, reproducción, control de movilidad), que a la vez son cuestiones clave para profundizar en los cambios asociados al Neolítico (Torneró y Saña, 2008; Torneró, 2011). El estudio de las estrategias de alimentación de las especies animales domésticas en el noreste peninsular ha permitido caracterizar de manera más detallada las prácticas ganaderas a inicios del Neolítico (Navarrete et al., 2017; Navarrete et al., *submitted*).

Las diferencias en los valores isotópicos ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ ) obtenidos para el yacimiento de La Draga pueden relacionarse con la existencia de patrones estacionales diferentes en la alimentación de los rebaños de ovejas, cabras y bueyes. Aunque el pastoreo de plantas terrestres durante todo el ciclo anual es común para las tres especies, las diferencias documentadas entre rebaños de las tres especies son significativas, pudiendo estar estrechamente correlacionadas con los ciclos reproductivos y las producciones explotadas de los rebaños en cada caso (Navarrete et al., *submitted*). En los yacimientos neolíticos del Mediterráneo occidental, donde los ciclos reproductivos son largos (más de seis meses), las estrategias de alimentación están caracterizadas por un aporte artificial de alimento, tal como se ha evidenciado en el yacimiento de Cheia en Rumania (Balasse et al., 2014) o en el yacimiento de Bercy en Francia (Balasse et al., 2012). Los cambios en las estrategias de alimentación a inicios del Neolítico estarían reforzando la hipótesis de una introducción rápida de los domesticados y su adaptación ecológica exitosa, al menos en el caso del yacimiento de La Draga (Navarrete et al., *submitted*). En comparación con los caprinos y bovinos, el estudio de los patrones de alimentación en los suidos, a partir del análisis de isótopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  en colágeno óseo, evidencian una variabilidad en las estrategias de alimentación de los primeros cerdos domésticos a nivel local, reflejando tanto sistemas ganaderos libres o semilibres, como

prácticas de alimentación más especializada (Navarrete et al., 2017). En La Draga, por ejemplo, a pesar de que se evidencia una ganadería altamente sistematizada y una cría dentro del asentamiento (Saña, 2011; Navarrete y Saña, 2013; Antolín et al., 2014), no se documenta un patrón específico de alimentación que indicase el consumo de proteína animal asociado con la estabulación de los animales durante parte del año o incluso de forma permanente (Muldner 2005; Hamilton y Thomas 2012; Madwick et al., 2012). En el caso de estabulación permanente, la alimentación podría haber incluido productos vegetales, quizás subproductos de la producción de agrícola (cereales o legumbres, por ejemplo). Los resultados obtenidos sugieren que la cría de cerdos en el yacimiento de La Draga se integró sin problema en el sistema agrícola-ganadero intensivo (Antolín et al., 2014). Se han propuesto interpretaciones similares para los yacimientos de Borduçani-Popina, Hârçova-tell y Vitanești Magurice en Rumania (Balasse et al., 2016).

Si se comparan las estrategias de gestión de los suidos documentadas en yacimiento de La Draga con las evidenciadas en otros yacimientos analizados del área del noreste peninsular se observan diferencias significativas (Navarrete et al., 2017). Estas diferencias pueden ser indicativas de las distintas respuestas adaptativas a factores naturales y/o sociales. En particular, se ha documentado una dieta principalmente herbívora en los suidos de yacimientos en cueva como cova del Frare y en aire libre como Serrat de Mas Bonet, lo que podría reflejar la cría de esta especie en condiciones de semilibertad. Por otro lado, se documenta un mayor consumo de proteína animal en los yacimientos en cueva de Can Sadurní y en aire libre de Reina Amàlia y Caserna de Sant Pau, que podrían reflejar regímenes más domésticos o la presencia de cerdos criados en recintos (Navarrete et al., 2017).

La documentación de diferentes estrategias alimentarias entre los rebaños domésticos a nivel regional como local evidencia la existencia de un control importante sobre este aspecto de la gestión. Estas estrategias permitieron, por un lado, implementar dinámicas de alimentación de los rebaños al margen de la disponibilidad natural de los recursos alimentarios vegetales en el medio, desarrollando modos de alimentación artificial, con la aportación de recursos vegetales durante el ciclo estacional de forma independiente a su disponibilidad natural. Esta posibilidad de modificar las características de la alimentación de los animales evidencia la magnitud e intensidad de los cambios introducidos.





## Capítulo 7

### Conclusión y perspectivas de futuro

Durante los primeros momentos del Neolítico se produce un cambio en la relación sociedad-medio, caracterizado por la transformación en las relaciones de gestión y explotación de los recursos naturales. Vinculado al origen del Neolítico, la apropiación e intervención directa sobre los ritmos reproductivos de estos recursos ponen de manifiesto el alcance del nuevo sistema socio-económico (Saña, 1999). En este marco, el proceso de domesticación animal permite la explotación de los recursos animales como medio de producción, al mismo tiempo que las relaciones de producción cambian de acuerdo a la nueva forma de apropiación de estos recursos (Ingold, 1984, 1988; Saña, 1999, 2005). Del mismo modo, el desarrollo de las prácticas ganaderas permite la posibilidad de aumentar este tipo de recursos mediante el desarrollo de fuerzas productivas, consecuencia de los cambios en los procesos de trabajo y de las relaciones sociales de producción (Saña, 1999, 2005).

Estos cambios se han documentado arqueológicamente a partir de ca. 8500 cal ANE en el Próximo Oriente y su posterior difusión hacia el Mediterráneo a partir de dos vías: a lo largo de la costa de la cuenca mediterránea y por la zona de Europa central, documentándose los primeros animales domésticos ca. 5800 cal ANE en la Península Ibérica. El continente africano debe contemplarse asimismo como tercera vía potencial, si bien es escasa actualmente la información disponible al respecto. La localización de la Península Ibérica, en el extremo más occidental de la cuenca mediterránea, la ha convertido en un área privilegiada para la evaluación de la dinámica de neolitización. Los resultados obtenidos a partir de los estudios realizados en esta área han llevado a proponer varios modelos explicativos de los cambios económicos y sociales que tuvieron lugar a inicios del Holoceno en la Península Ibérica (Zilhao, 2001, 2011; Bernabeu et al., 2014, 2015; Bernabeu y Martí-Oliver, 2014; Martins et al., 2015; Alday et al., 2016; García-Puchol et al., 2016; García-Martínez de Lagrán, 2017). A partir de la evidencia arqueológica disponible, se proponen tres escenarios diferentes para explicar la relación entre las últimas sociedades cazadoras-recolectoras y las primeras comunidades agrícolas y ganaderas. El primero ha demostrado el papel activo desempeñado por las sociedades de cazadores-recolectores durante la neolitización (Alday et al., 2016). El segundo, difusionista, enfatiza el impacto de las influencias externas en las sociedades asentadas en la península (García-Puchol et al., 2016). Y por último, el tercer modelo enfatiza las influencias tanto endógenas como exógenas, presentando un escenario variable (García-Martínez de

Lagrán, 2017). En este contexto, el estudio del proceso de domesticación y/o la adopción de los animales domésticos en la Península Ibérica es de gran importancia para comprender el cambio socio-económico que se produce a inicios del Neolítico. El desarrollo de esta tesis doctoral ha supuesto un avance en el conocimiento de las primeras prácticas ganaderas a inicios del Neolítico en el noreste peninsular, aportando elementos básicos para la discusión científica entorno a esta problemática histórica.

A nivel teórico se ha definido y sintetizado el marco conceptual, espacial y temporal, haciéndose explícitos, al inicio del trabajo, los objetivos de conocimiento perseguidos. Se han evaluado, a partir de los nuevos datos aportados con el estudio de una muestra significativa de yacimientos neolíticos del área del noreste peninsular, los principales modelos explicativos planteados en torno a los orígenes del Neolítico en la Península Ibérica, prestando especial atención a las hipótesis y explicaciones formuladas sobre el proceso de domesticación animal y practicas ganaderas iniciales. Se ha evaluado la información existente bajo el prisma de la tafonomía, demostrando la importancia de considerar no solo la composición de los conjuntos de restos de fauna, sino su grado de representatividad histórica. El análisis arqueotafonómico pormenorizado aplicado sobre el yacimiento de La Draga, ha permitido evidenciar cómo algunos de los aspectos clave para la investigación de la domesticación animal y la ganadería neolítica, tales como los patrones de edad o la variabilidad esquelética, pueden presentar sesgos que es necesario considerar a la hora de inferir la gestión animal y su organización.

La contextualización de estos nuevos datos a nivel peninsular y europeo, con un énfasis especial en el área mediterránea, ha aportado documentos significativos sobre las implicaciones que tuvo la adopción y cría de rebaños de las cuatro principales especies domésticas. Más allá de la visión más tradicional, en la que se conceptualizaba la ganadería neolítica como incipiente, los análisis efectuados han permitido constatar la explotación polivalente de los diferentes tipos de producciones, poniendo de relieve que la producción láctea y el aprovechamiento de fuerza motriz animal fueron elementos básicos de la ganadería neolítica ya desde sus momentos iniciales. La documentación de la plena integración de los ciclos agrícola y ganaderos, tal como se ha puesto en evidencia en el yacimiento de La Draga, y de la práctica de estrategias ganaderas tanto intensivas como extensivas, junto a la existencia de explotaciones agrícola y ganaderas permanentes en zonas elevadas del Pirineo durante el Neolítico Inicial, constituyen aportaciones a nuestro entender fundamentales para la comprensión de la neolitización y sus consecuencias. Estos nuevos datos, asimismo, obligan a replantear algunas de las asunciones que han guiado hasta la actualidad el debate sobre el

cambio que supuso dejar atrás una estrategia económica basada exclusivamente en la caza y recolección.

A nivel metodológico, el método seguido contempla como novedad de manera integrada los procesos analíticos desarrollados en el marco de la disciplina arqueológica, arqueotafonómica, arqueozoológica y biomolecular. Esta aproximación ha permitido documentar, caracterizar y evaluar los procesos de trabajo vinculados a la explotación y gestión de los animales domésticos durante el Neolítico Inicial en noreste de la Península Ibérica. De forma más concreta, se ha caracterizado las pautas de producción y gestión de los primeros rebaños domésticos a partir del estudio de la representación y variabilidad de las especies domésticas en contextos arqueológicos y del estudio de la gestión alimentaria de los primeros rebaños domésticos.

El análisis arqueotafonómico y arqueozoológico de los restos de fauna se ha desarrollado atendiendo a su condición y características, incidiendo en el potencial de representatividad histórica. A partir de la problemática presentada por los análisis arqueotafonómicos y arqueozoológicos se han establecido las bases para el desarrollo e interpretación de las aplicaciones y resultados de los análisis biomoleculares. La integración de los análisis de isótopos estables ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ) ha supuesto una aportación significativa al estudio de las prácticas ganaderas, con el objetivo de documentar los nuevos procesos de trabajo dentro del sistema productivo asociado al Neolítico. A nivel técnico, los análisis biomoleculares aplicados sobre la bioapatita del esmalte dentario han permitido trabajar con resoluciones temporales elevadas, garantizando la representatividad y evaluación de los procesos productivos articulados en base a los ritmos estacionales.

Los resultados obtenidos han permitido generar conocimiento sobre las primeras estrategias ganaderas. En primer lugar, el estudio ha permitido caracterizar la variabilidad en las estrategias de gestión y documentar el tipo de explotación de los recursos animales implementado. En este sentido, en el Neolítico Inicial se documenta la práctica de una estrategia basada, principalmente, en la explotación de los recursos domésticos complementada por los silvestres, aunque con porcentajes muy bajos. El establecimiento y análisis del perfil demográfico de las especies domésticas evidencia la explotación polivalente de las especies domésticas, con el predominio para todas ellas de la producción cárnica.

El estudio de los nuevos procesos de trabajo desarrollados en el marco de la actividad ganadera ha permitido caracterizar las estrategias implementadas en la alimentación de los primeros animales domésticos. La población caprina y bovina es la que presenta una mayor

modificación de las pautas alimentarias (respecto a las poblaciones naturales), caracterizada ésta por el aporte de alimento extraordinario en determinadas estaciones del año, al margen de la disponibilidad natural de los recursos vegetales. Siguiendo esta línea, en el caso de los cerdos se documentan diferentes estrategias en las pautas alimentarias dependiendo del yacimiento analizado, con una fuerte regionalización. Al contrario que las ovejas, especie para la que se documenta a inicios del Neolítico Inicial una rápida adaptación al medio y a los recursos vegetales disponibles.

Evaluados los diferentes aspectos en conjunto, los resultados ponen en evidencia la rápida y exitosa adaptación de los animales domésticos en el noreste peninsular, documentando una estrategia ganadera consolidada con la explotación polivalente de las cuatro principales especies domésticas a inicios del Neolítico. Los resultados de los análisis biomoleculares ponen en relieve el estrecho conocimiento de las posibilidades productivas y reproductivas de las poblaciones domésticas, con la posibilidad de modelar la estructura demográfica de los rebaños, la productividad de las especies y las capacidades de adaptación alimentaria de los animales dependiendo de características fisiológicas y etológicas de cada especie.

La interpretación de los resultados muestra que la adopción de las técnicas ganaderas no es un proceso lineal ni homogéneo a inicios del Neolítico en la Península Ibérica. La documentación de modalidades regionales en consonancia con la estrategia de subsistencia y el modo de gestión de los recursos practicado ponen en relieve la importancia y magnitud del estudio de la domesticación animal y practicas ganaderas iniciales en el marco del proceso de neolitización en esta área geográfica.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, que demuestran la posibilidad de inferir en los nuevos procesos de trabajo implicados en el mantenimiento de los rebaños desarrollados por las primeras comunidades neolíticas, las perspectivas de futuro se dirigirán a la ampliación de la información disponible para la Península Ibérica con el objetivo de continuar evaluando tanto las causas como las consecuencias del cambio socioeconómico que tuvo lugar a inicios de Neolítico. La domesticación animal, sin duda, tuvo un papel trascendente en el mismo y constituyó probablemente uno de los aspectos que propició la gestión y apropiación particularizada de los recursos naturales, punto de inflexión de gran trascendencia histórica en los relativo al desarrollo e instauración de nuevas instituciones económicas y políticas.

## Bibliografia

- Achilli, A., Bonfiglio, S., Olivieri, A., Malusà, A., Pala, M., Kashani, B.H., Perego, U.A., Ajmone-Marsan, P., Liotta, L., Semino, O., Bandel, H.J., Ferretti, L., Torroni, A. 2009. The multifaceted origin of taurine cattle reflected by the mitochondrial genome. *PLoS ONE* 4: e5753.
- Albarella, U., Davis, S.J.M., Detry, C., and Rowley-Conwy, P. 2005. Pigs of the 'Far West': The biometry of *Sus* from archaeological sites in Portugal. *Anthropozoologica* 40: 27-54.
- Albarella, U., Dobney, K., Rowley-Conwy, P., 2006a. The domestication of the pig (*Sus scrofa*): new challenges and approaches. In: Zeder, M.A., Bradley, D.G., Emshwiller, E. and Smith, B.D. (eds) *Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms*. Berkeley: University of California Press, pp.209-27.
- Albarella, U., Dobney, K. and 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* 14:103-136.
- Albarella, U. 2002. 'Size matters': how and why biometry is still important in zooarchaeology. In: Dobney, K. and O'Connor, T., (eds.) *Bones and the Man: Studies in honour of Don Brothwell*. Oxbow Books, Oxford , pp. 51-62.
- Alcalde, G., Buxó, R. 1991. Experimentació d'emmagatzematge i explotació de *Triticum dicoccum* Sch. a la vall del Llierca (la Garrotxa). *Cypsela*: IX, pp. 87-94.
- Alcalde, G., Molist, M., Saña, M. 2002. Procés d'ocupació de la Bauma del Serrat del Pont, La Garrotxa, entre 5480 i 2900 cal AC. Museu Comarcal de la Garrotxa. Olot.
- Alday, A., Carretero, J.M., Anderung, C., y Götherström, A. 2012. Uros, genética, indígenas y colonos. A propósito de la neolitización de Europa. *Veleia*: 29, pp. 335-358.
- Alday, A. 1997. El poblamiento durante los inicios del Holoceno en la Alta Cuenca del Ebro: El Valle de Araya y Treviño Oriental como modelo. *Sancho el Sabio*: 7, pp. 141-177.
- Altuna, J., Mariezkurrena, K. 2008. Restos de alimentación de origen animal de los pobladores de la cueva de Arenaza I (País Vasco) durante la Edad del Bronce. *Veleia*: 24-25, pp. 843-877.
- Altuna, J., Mariezkurrena K. 2011. Diferenciación biométrica de *Sus scrofa* y *Sus domesticus* en yacimientos arqueológicos del norte de la Península Ibérica. *Kobie*: 30, pp. 5-22.
- Altuna, J. 1972. Fauna de Mamíferos de los yacimientos prehistóricos de Guipúzcoa. Con catálogo de los mamíferos cuaternarios del Cantábrico y del Pirineo Occidental. *Munibe*: 24 (1 4), pp. 1-464.
- Altuna, J. 1980. Historia de la domesticación animal en el País Vasco desde sus orígenes hasta la romanización. Sociedad de Ciencias Aranzadi. San Sebastian.
- Altuna, J. 1981. Restos óseos del yacimiento prehistórico del Rascaño. Centro de Investigación y Museo de Altamira monografías: 3, pp. 223-269.
- Altuna, J. 2002. Cueva de Aitzbitarte III (Errenteria). *Arkeoikuska*: 128-130.
- Altuna, J., & Mariezkurrena, K. (2001). Restos de macromamíferos del yacimiento de Zatoya (Navarra). *Trabajos de arqueología Navarra*, 15, 101-113.
- Ambrose, S.H., DeNiro, M.J. 1986. The isotopic ecology of East African mammals. *Oecologia*: 69(3), pp. 395-406.
- Ambrose, S.H., Norr, L. 1993. Experimental Evidence for the Relationship of the Carbon Isotope Ratios of Whole Diet and Dietary Protein to Those of Bone Collagen and Carbonate. In Lambert JB, Grupe G (eds.) *Prehistoric Human Bone-Archaeology at the Molecular Level*. Springer Verlag: Berlin, pp. 1-37.
- Ambrose, S.H. 1991. Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs. *Journal of Archaeological Science*: 18(3), pp. 293-317.
- Ambrose, S.H. 1993. *Isotopic analysis of paleodiets: methodological and interpretive considerations*. Food and nutrition in history and anthropology. USA.

- Ambrose, S.H. 2002. Controlled diet and climate experiments on nitrogen isotope ratios of rats. *Biogeochemical approaches to paleodietary analysis*. Springer US, pp. 243-259.
- Antolin, F., Buxó, R. 2012. Chasing the traces of diffusion of agriculture during the early Neolithic in the Western Mediterranean Coast. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, (5), 95-102.
- 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, pp. 241–255.
- Antolín, F., Jacomet, S., Buxó, R. 2015. The hard knock life. Archaeobotanical data on farming practices during the Neolithic (5400–2300 cal BC) in the NE of the Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science*: 61, pp. 90–104.
- Antolín, F. 2016. Local, Intensive and Diverse? Early Farmers and Plant Economy in the North East of the Iberian Peninsula (5500–2300 cal BC). Gröningen: Barkhuis.
- Antolín, F. 2013. Of cereals, poppy, acorns and hazelnuts. Plant economy among early farmers (5500-2300 cal BC) in the NE of the Iberian Peninsula. An archaeobotanical approach. PhD Thesis. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Araus et al., 1992; Araus, J. L., Santiveri, P., Bosch-Serra, D., Royo, C., Romagosa, I. 1992. Carbon isotope ratios in ear parts of Triticale. *Plant Physiology*, 100(2), 1033-1035.
- Araus et al., 1997 Araus, J. L., Amaro, T., Zuhair, Y., & Nachit, M. M. 1997. Effect of leaf structure and water status on carbon isotope discrimination in field-grown durum wheat. *Plant, Cell & Environment*, 20(12), 1484-1494.
- Arbogast y Pétrequin, 1993 Arbogast, R. M., Pétrequin, P. 1993. La chasse du cerf au Néolithique dans le Jura: gestion d'une population animale sauvage. Exploitation des animaux sauvages à travers le temps. APDCA, Juan-les-Pins, 221-232.
- 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.
- Aura, J.E., Jordá, J.F., García-Borja, P., García-Puchol, O., Badal, E., Pérez-Ripoll, M., Morales-Pérez, J.V. 2013. Una perspectiva mediterránea sobre el proceso de neolitización. Los datos de la Cueva de Nerja en el contexto de Andalucía (España). *Menga*: 4, pp. 53-78.
- Baca, M., Mackiewicz, P., Stankovic, A., Popović, D., Stefaniak, K., Czarnogórska, K., Weglenski, P. 2014. Ancient DNA and dating of cave bear remains from Niedźwiedzia Cave suggest early appearance of *Ursus ingressus* in Sudetes. *Quaternary International*, 339, 217-223.
- Badal, E. 1999. El potencial pecuario de la vegetación mediterránea: las cuevas redil. *Sagvntvm Extra*: 2, pp. 69-75.
- Balasse, M., Ambrose, S. H., Smith, A. B., Price, T. D. 2002. The seasonal mobility model for prehistoric herders in the south-western Cape of South Africa assessed by isotopic analysis of sheep tooth enamel. *Journal of Archaeological Science*, 29(9), 917-932.
- Balasse, M., Tresset, A., Ambrose, S. H. 2006. Stable isotope evidence ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) for winter feeding on seaweed by Neolithic sheep of Scotland. *Journal of Zoology*, 270(1), 170-176.
- Balasse, M., Bocherens, H., Mariotti, A. 1999. Intra-bone variability of collagen and apatite isotopic composition used as evidence of a change of diet. *Journal of Archaeological Science*, 26(6), 593-598.
- Balasse, M., Bocherens, H., Mariotti, A., Ambrose, S. H. 2001. Detection of dietary changes by intra-tooth carbon and nitrogen isotopic analysis: an experimental study of dentine collagen of cattle (*Bos taurus*). *Journal of Archaeological Science*, 28(3), 235-245.
- Balasse, M., Smith, A. B., Ambrose, S. H., Leigh, S. R. 2003. Determining sheep birth seasonality by analysis of tooth enamel oxygen isotope ratios: the Late Stone Age site of Kasteelberg (South Africa). *Journal of Archaeological Science*, 30(2), 205-215.

- Balasse, M., Mainland, I., Richards, M. P. 2009. Stable isotope evidence for seasonal consumption of marine seaweed by modern and archaeological sheep in the Orkney archipelago (Scotland). *Environmental Archaeology*, 14(1), 1-14.
- Balasse, M., Obein, G., Ughetto-Monfrin, J., Mainland, I. 2012. Investigating seasonality and season of birth in past herds: a reference set of sheep enamel stable oxygen isotope ratios. *Archaeometry*, 54(2), 349-368.
- Balasse, M., Tornero, C., Bréhard, S., Ughetto-Monfrin, J., Voinea, V., Balasescu, A. 2014. January. Cattle and sheep herding at Cheia, Romania, at the turn of the fifth millennium cal BC: a view from stable isotope analysis. In *PROCEEDINGS-BRITISH ACADEMY* (Vol. 198, No. 1, pp. 115-142). Oxford University Press.
- Balasse, M., Evin, A., Tornero, C., Radu, V., Fiorillo, D., Popovici, D., Andreescu, R., Dobney, K., Cucchi, T., Bălăşescu, A. 2016. Wild, domestic and feral? Investigating the status of suids in the Romanian Gumelnița (5th mil. cal BC) with biogeochemistry and geometric morphometrics. *Journal of Anthropological Archaeology* 42: 27-36.
- Balasse, M., Balasescu, A., Tornero, C., Frémondeau, D., Hovsepyan, R., Gillis, R., Popovici, D. 2015. Investigating the scale of herding in chalcolithic pastoral communities settled by the Danube river in the 5th millennium BC: a case study at Bordusani-Popina and Hârsova-tell (Romania). *Quaternary International*.
- Balasse, M., Tresset, A., Bocherens, H., Mariotti, A., Vigne, J.D. 2000. Un abattage post-lactation sur des bovins domestiques néolithiques. Etude isotopique des restes osseux du site de Bercy (Paris, France). *Anthropozoologica*: 31, pp. 39-48.
- Balasse, M. 2002. Reconstructing dietary and environmental history from enamel isotopic analysis: time resolution of intra-tooth sequential sampling. *International Journal of Osteoarchaeology*: 12(3), pp. 155-165.
- Balasse, M. 2003. Potential biases in sampling design and interpretation of intra-tooth isotope analysis. *International Journal of Osteoarchaeology*: 13(1-2), pp. 3-10.
- Balasse, M., Ambrose, S. H. 2005. Distinguishing sheep and goats using dental morphology and stable carbon isotopes in C 4 grassland environments. *Journal of Archaeological Science*, 32(5), 691-702.
- Balasse, M., Tresset, A. 2007. Environmental constraints on the reproductive activity of domestic sheep and cattle: what latitude for the herder. *Anthropozoologica*, 42(2), 71-88.
- Balter, V., Simon, L., Fouillet, H., Lécuyer, C. 2006. Box-modeling of 15N/14N in mammals. *Oecologia*, 147(2), 212-222.
- Balzer, A., Gleixner, G., Grupe, G., SCHMIDT, H. L., Schramm, S., Turban-Just, S. 1997. In vitro decomposition of bone collagen by soil bacteria: the implications for stable isotope analysis in archaeometry. *Archaeometry*, 39(2), 415-429.
- Barba, L. 2007. Chemical residues in lime-plastered archaeological floors. *Geoarchaeology*, 22(4), 439-452.
- Barceló, J.A. 2008. La seqüència crono-cultural de la prehistòria catalana. Anàlisi estadística de les datacions radiomètriques. *Cypsela*: 17, pp. 65-88.
- Bartosiewicz, L., Neer, W. V., Lentacker, A., Fabis, M. 1997. *Draught cattle: their osteological identification and history*. [np].
- Bach, A. G., Montaña, M.M. 2017. Caserna de Sant Pau del Camp (Barcelona): noves dades per al neolític antic cardial del nord-est peninsular. *Cypsela: revista de prehistòria i protohistòria*, (20), 11-23.
- Bate, L.F. 1986. El modo de producción cazador recolector o la economía del salvajismo. *Boletín de Antropología Americana*: 13, pp. 5-31.
- Bate, L.F. 2003. Sociedades cazadoras recolectoras y primeros asentamientos agrarios. Sociedades recolectoras y primeros productores. *Actas de las Jornadas Temáticas Andaluzas de Arqueología*, pp. 71-89.
- Beerling y Woodward, 1995. Beerling, D. J., Woodward, F. I. 199. Stomatal responses of variegated leaves to CO2 enrichment. *Annals of Botany*, 75(5), 507-511.
- Behrensmeyer et al., 1979 Behrensmeyer, A. K., Western, D., Boaz, D.E.D. 1979. New perspectives in vertebrate paleoecology from a recent bone assemblage. *Paleobiology*, 5(1), 12-21.



- Behrensmeier, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4(2), 150-162.
- Beja-Pereira, A., Caramelli, D., Lalueza-Fox, C., Vernesi, C., Ferrand, N., Casoli, A., Goyache, F., Royo, L.J., Conti, S., Lari, M. 2006. The origin of European cattle: evidence from modern and ancient DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: 103, pp. 8113-8118.
- Bell, L. S., Skinner, M. F., Jones, S. J. 1996. The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance. *Forensic science international*, 82(2), 129-140.
- Ben-David, M., Schell, D.M. 2001. Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a response. *Oecologia*: 127(2), pp. 180-184.
- Bender, B. 1978. Gatherer-hunter to farmer: A social perspective. *World archaeology*: 10(2), pp. 204-222.
- Bentley, R. A., Knipper, C. 2005. Geographical patterns in biologically available strontium, carbon and oxygen isotope signatures in prehistoric SW Germany. *Archaeometry*, 47(3), 629-644.
- Bergadà, M., Cervelló, J. M. 2011. Estratigrafia, micromorfologia i paleoambient de la Cova de Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat) des dels c. 11.000 fins els 5.000 anys BP. *La cova de Can Sadurní i la Prehistòria de Garraf. Recull de*, 30, 97-108.
- Bernabeu, J., García-Puchol, O., Pardo-Gordo, S., Barton, M., McClure, S.B. 2014. Socioecological dynamics at the time of Neolithic transition in Iberia. *Environmental Archaeology*: 19 (3), pp: 214-225.
- Bernabeu, J., Molina, L., Esquembre, M.A., Ortega, J.R., Boronat, J.D. 2009. La cerámica impresa mediterránea en el origen del Neolítico en la península Ibérica. *Archives d'Écologie Préhistorique*, pp. 83-96. Toulouse.
- Bernabeu, J., Moreno, A., Barton, C.M. 2012. Complex Systems, Social Networks and the evolution of Social Complexity". En Cruz-Berrocal, M., García-Sanjuán, L., Gilman, A. (eds.): *The Prehistory of Iberia: Debating Early Social Stratification and the State*. Routledge, London y New York, pp. 23-37.
- Bernabeu, J. 2002. The social and symbolic context of Neolithization. *Saguntum*: 5, pp. 209-234.
- Beuls, I., De Cupere, B., Van Mele, P., Vermoere, M., Waelkens, M., Mashkour, M., Poplin, F. 2001. Present-day traditional ovicaprine herding as a reconstructional aid for understanding herding at Roman Sagalassos. In *Archaeozoology of the Near East IV. Proceedings of the fourth international symposium on the archaeozoology of southwestern Asia and adjacent areas* (Vol. 32, pp. 216-223). ARC-Publication 32.
- Binder, D., Maggi, R. 2001. Le Néolithique ancien de l'arc liguro-provençal. *Bulletin de la Société préhistorique française*, pp. 411-422.
- Binford, L.R. 1968. Post-pleistocene adaptations. *New perspectives in archeology*.
- Binford, L. R., & Bertram, J. B. 1977. Bone Frequencies and Attritional Processes. in for Theory Building In Archaeology. Essays On Faunal Remains, Aquatic Resources, Spatial Analysis, and Systematic Modeling, Edited By Lewis, R. Binford. Academic Press, New York.
- Binford, L. R. 1981. Behavioral archaeology and the " Pompeii premise". *Journal of anthropological research*, 37(3), 195-208.
- Blaise, E. 2005. L'élevage au Néolithique final dans le sud-est de la France: éléments de réflexion sur la gestion des troupeaux. *Anthropozoologica*, 40(1), 191-216.
- Blaise, E. 2009. Economie animale et gestion des troupeaux au Néolithique final en Provence: approche archéozoologique et contribution des analyses isotopiques de l'émail dentaire (version non corrigée) (Doctoral dissertation, Université de Provence-Aix-Marseille I).
- Blaise, E., Brehard, S., Carrere, I., Favrie, T., Gourichon, L., Helmer, D., Riviere, J., Tresset, A., Vigne, J.D. 2010. L'élevage du Néolithique moyen au Néolithique final dans le Midi méditerranéen de la France: état des données archéozoologiques. En Lemerrier, O., Furestier, R., Blaise, E. (Dir.) *Quatrième millénaire. La transition du Néolithique moyen au Néolithique final dans le sud-est de la France et les régions voisines*. Monographies d'Archéologie Méditerranéenne: 27, pp. 261-284.
- Blaise, E. 2010. Economie animale et gestion des troupeaux au Néolithique final en Provence: approche archéozoologique et contribution des analyses isotopiques de l'émail dentaire. British Archaeological Reports. Oxford.

- Blaise, E., Balasse, M. 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.
- Blasco, A., Edo, M., Villalba, M.J., Buxó, R., Juan-Tresserras, J., Saña, M. 1999. Del cardial al postcardial en la cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona). Primeros datos sobre su secuencia estratigráfica, paleoeconómica y ambiental. *Saguntumplav*: 2, pp. 59-67.
- Blasco, A., Edo, M., Villalba, M. J., Saña, M. 2005. Primeros datos sobre la utilización sepulcral de la Cueva de Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat) en el Neolítico Cardial. In *III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica* (Vol. 625, p. 634). Santander: Universidad de Cantabria Servicio de Publicaciones.
- Bocherens, H., Fizet, M., Mariotti, A., Lange-Badré, B., Vandermeersch, B., Borel, J.P., Bellon, G. 1991. Isotopic biogeochemistry ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) of fossil vertebrate collagen: implications for the study of a fossil food web including neandertal man. *Journal of Human Evolution*: 20, pp. 481-92.
- Bocherens, H., Fogel, M.L., Tuross, N., Zeder, M. 1995. Trophic structure and climatic information from isotopic signatures in Pleistocene cave fauna of southern England. *Journal of Archaeological Science*: 22, pp. 327-340.
- Bocherens, H., Koch, P.L., Mariotti, A., Geraads, D., Jaeger, J.J. 1996. Isotopic biogeochemistry ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) of mammalian enamel from African Pleistocene hominid sites. *Palaeos*: 11, pp. 306-318.
- Boessneck, J. 1987. Tierknochenfunde vom Uch Tepe. *Acta praehistorica et archaeologica*, (19), 131-163.
- Bogaard, A., Heaton THE, Poulton, P., Merbach, I. 2007. The impact of manuring on nitrogen isotope ratios in cereals: archaeological implications for reconstruction of diet and crop management practices. *Journal of archaeological science*: 34, pp. 335-343.
- Bogaard, A. 2004. Neolithic farming in central Europe. Routledge, London.
- Bogaard, A. 2005. Garden agriculture" and the nature of early farming in Europe and the Near East. *World Archaeology*: 37, pp. 177-196.
- Bollongino, R., Edwards, C.J., Alt, K.W., Burger, J., Bradley, D.G. 2006. Early history of European domestic cattle as revealed by ancient DNA. *Biology Letters*: 2, pp. 155-159.
- Bolnick et al., 2012 Bolnick, D. A., Bonine, H. M., Mata-Míguez, J., Kemp, B. M., Snow, M. H., & LeBlanc, S. A. (2012). Nondestructive sampling of human skeletal remains yields ancient nuclear and mitochondrial DNA. *American Journal of Physical Anthropology*, 147(2), 293-300.
- Bond y Diamond 2011 Bond, A. L., & Diamond, A. W. (2011). Recent Bayesian stable-isotope mixing models are highly sensitive to variation in discrimination factors. *Ecological Applications*, 21(4), 1017-1023.
- Bonnichsen, 1989 Bonnichsen, R., & Sorg, M. H. (Eds.). (1989). *Bone Modification: Edited By: Robson Bonnichsen, Marcella H. Sorg*. Center for the Study of the First Americans.
- Bordas, A., Gómez, A., Julià, R., Llergo, Y., Nadal, J., Piqué, R., Molist, M. 2013. El neolític antic i l'inici de l'edat del bronze a les excavacions del nou conservatori del Liceu. *Quarhis*: 9, pp. 120-137.
- Bosch, A., Buxó, R., Palomo, A., Buch, M., Mateu, J., Taberner, E., Casadevall, J. 1999. El poblado de Plansallosa y la neolitización del valle del Llierca (Pre-pirineo oriental). *Saguntum-plav*: 2, pp. 329-335.
- Bosch, A., Chinchilla, J. Tarrús, J. 1999. La Draga, un poblado del Neolítico Antiguo en el lago de Banyoles (Girona, Catalunya). *Saguntum plav*: 2, pp. 315-321.
- Bosch, A. 1991. El Neolític Antic al Nord-Est de Catalunya. PhD tesis. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. 2000. El poblado lacustre neolítico de La Draga. Excavacions de 1990 a 1998. *Monografías del CASC*, 2.
- Bosch, A., Chinchilla, J., Tarrús, J. 2011. El poblado lacustre del neolítico antic de La Draga. Excavacions 2000-2005. *Monografies del Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya*, 9.
- Bosch, J., Santacana, J. 2009. Blat, metalls cabdills. *Barcelona*.
- Bocherens, H., Koch, P. L., Mariotti, A., Geraads, D., Jaeger, J.J. 1996. Isotopic biogeochemistry ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) of mammalian enamel from African Pleistocene hominid sites. *Palaeos*, 306-318.

- Bradley, R. 2005. Domestication, sedentism, property and time: materiality and the beginnings of agriculture in Northern Europe. En DeMarrais, E., Gosde, C., Renfrew, C., (eds.) *Rethinking Materiality: the Engagement of Mind with the Material World*. McDonald Institute for Archaeological Research. Cambridge, pp. 107-115.
- Braidwood, R.J. 1960. The agricultural revolution. *Scientific American*: 203(3), pp: 130-152.
- Brandt, L. Ø., Tranekjer, L. D., Mannering, U., Ringgaard, M., Frei, K. M., Willerslev, E., Gilbert, M. T. P. 2011. Characterising the potential of sheep wool for ancient DNA analyses. *Archaeological and Anthropological Sciences*: 3(2), pp. 209-221.
- Brooks, J.R., Flanagan, L.B., Buchmann, N., Ehleringer, J.R. 1997. Carbon isotope composition of boreal plants: functional grouping of life forms. *Oecologia*, 110(3), 301-311.
- 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.
- Brown, W.A.B., Christofferson, P.V., Massler, M., Weiss, M.B. 1960. Postnatal tooth development in cattle. *American Journal of Veterinary Research*: 21, pp. 7-34.
- Bryant, J. D., Froelich, P. N., Showers, W. J., Genna, B. J. 1996. Biologic and climatic signals in the oxygen isotopic composition of Eocene-Oligocene equid enamel phosphate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 126(1), 75-89.
- Bryant, J. D., Froelich, P. N., Showers, W. J., Genna, B. J. 1996. A tale of two quarries: biologic and taphonomic signatures in the oxygen isotope composition of tooth enamel phosphate from modern and Miocene equids. *Palaios*, 397-408.
- Bryant et al., 1996a, Bryant, J. D., Koch, P. L., Froelich, P. N., Showers, W. J., Genna, B. J. 1996. Oxygen isotope partitioning between phosphate and carbonate in mammalian apatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(24), 5145-5148.
- Bryant, J.D., Koch, P.L., Froelich, P.N., Showers, W.J., Genna, B.G. 1996. Oxygen isotope partitioning between phosphate and carbonate in mammalian apatite. *Geochim Cosmochim Acta*: 60, pp. 5145-5148.
- Bryant, J.D., Luz, B., Froelich, P.N. 1994. Oxygen isotopic composition of fossil horse tooth phosphate as a record of continental paleoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*: 107(3-4), pp. 303-316.
- Buchmann et al., 1996 Buchmann, N., Brooks, J. R., Rapp, K. D., & Ehleringer, J. R. 1996. Carbon isotope composition of C4 grasses is influenced by light and water supply. *Plant, Cell & Environment*, 19(4), 392-402.
- Burjachs, F. 2000. Les dades palinològiques. En Bosch A, Chinchilla J, Tarrús J (eds.) *El poblat lacustre Neolític de La Draga. Excavacions de 1990 a 1998*. CASC-Museu d'Arqueologia de Catalunya, Girona, pp. 46-50.
- Burton y Price, 1990 Burton, J. H., Price, T. D. 1990. The ratio of barium to strontium as a paleodietary indicator of consumption of marine resources. *Journal of Archaeological Science*, 17(5), 547-557.
- Buxó, R., Piqué, R. 2008. Arqueobotánica: los usos de las plantas en la península Ibérica. Grupo Planeta (GBS).
- Buxó, R., Piqué, R. 2003. La recogida de muestras en arqueobotánica: objetivos y propuestas metodológicas. La gestión de los recursos vegetales y la transformación del paleopaisaje en el Mediterráneo occidental. Museu d'Arqueologia de Catalunya.
- Caruso Ferme, L., Piqué i Huerta, R. 2014. Landscape and forest exploitation at the ancient Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). *The Holocene*, 24(3), 266-273.
- Carvalho, A.F. 2009. O Mesolítico final em Portugal. En P. Utrilla, L. Montes (eds.) *El Mesolítico geométrico en la Península Ibérica*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, pp. 33-68.
- Carvalho, A. F., Antunes-Ferreira, N., Valente, M. J. 2003. A gruta-necrópole neolítica do Algar do Barrão (Monsanto, Alcanena). *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 6(1), 101-119.
- Castanos, P. 1984 Estudio de los restos oseos de la Cueva de Espluga de la Puyascada (Huesca). *Bolskan* 4: 43-56.

- Castanos, P. 2004. Estudio arqueozoológico de los macromamíferos del Neolítico de la cueva de Chaves (Huesca). *Saldvie*: 4, pp. 125-171.
- Castells, L. 2010. *What did our ancestors eat? Organic residue analysis on Early Neolithic potsherds from Can Sadurní, Begues, Catalonia*. Trabajo de investigación inédito. Universidad de York, York.
- Cauvin, J. 1978. Les Premiers villages de Syrie-Palestine du IXe au VIIe millénaire av. JC. *Maison de l'Orient*. Lyon.
- Cauvin, J. 1994. *Naissance des divinités, naissance de l'agriculture: la révolution des symboles au Néolithique*. Cambridge University Press.
- Cauvin, J. 1997. Naissances des divinités. *Naissance de l'agriculture*. Champs Flammarion: 310.
- Cavalli-Sforza, L. L., Feldman, M.W. 2003. The application of molecular genetic approaches to the study of human evolution. *Nature genetics*, 33.
- Cerling, T.E., Harris, J.M., Ambrose, S.H., Leakey, M.G., Solounias, N. 1997. Dietary and environmental reconstruction with stable isotope analyses of herbivore tooth enamel from the Miocene locality of Fort Ternan, Kenya. *Journal of Human Evolution*: 33, pp. 635–50.
- Cerling, T.E., Harris, J.M. 1999. Carbon isotope fractionation between diet and bioapatite in ungulate mammals and implications for ecological and paleoecological studies. *Oecologia*: 120, pp. 347–363.
- Cerling, , T. E., Harris, J. M., Passey, B. H. 2003. Diets of East African Bovidae based on stable isotope analysis. *Journal of Mammalogy*, 84(2), 456-470.
- Chaix, L., Méniel, P. 2005. Manual de Zooarqueología. *Ariel Prehistoria*. Barcelona.
- Childe, V.G. 1936. *Los orígenes de la civilización*. Edición Revolucionaria Instituto del Libro.
- Clarke, L. R., Videgar, D. T., Bennett, D. H. 2005. Stable isotopes and gut content show diet overlap among native and introduced piscivores in a large oligotrophic lake. *Ecology of Freshwater Fish*, 14(3), 267-277.
- Clemente, I., Gassiot, E., Rey, J., Obea, L., Viñerta, A., SAÑA, M. 2016. Cueva de Coro Trasito (Tella-Sin, Huesca): Un asentamiento pastoril en el Pirineo central con ocupaciones del Neolítico Antiguo y del Bronce Medio. In *I Congreso Arqueología y Patrimonio Aragónés* (pp. 71-80).
- Clop, X. 2007. *Materia Prima, Cerámica y Sociedad*, Archaeopress. BAR International Series, 1660.
- Clop, X., Saña, M., Terradas, X. 2008. Algunes consideracions entorn al" temps" en el mesolític, neolític i calcolític de Catalunya. *Cypsel: revista de prehistòria i protohistòria*, (17), 35-50.
- Clutton-Brock, 1989 Clutton-Brock, T.H. 1989. Review lecture: mammalian mating systems. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 236(1285), 339-372.
- Cohen, M.N. 1977. *Food crisis in prehistory: overpopulation and the origins of agriculture*.
- Colominas, L., Llado, E., Sana, M., Tornero, C. 2008. La gestió dels recursos animals durant les ocupacions de l'assentament de la caserna de Sant Pau. *Quarhis*: 4, pp. 55-61.
- Colonese, A.C., Collins, M., Lucquin, A., Eustace, M., Hancock, Y., Almeida-Rocha-Ponzoni, R., Mora, A., Smith, C., DeBlasis, P., Figuti, L., Wesolowski, V., Regina-Plens, C., Eggers, S., Scunderlick-Eloy-de-Farias, D., Gledhill, A., Craig, O. 2014. Long-term resilience of late Holocene coastal subsistence system in southeastern South America. *Plos one* (9)
- Colonese, A.C., Farrell, T., Lucquin, A., Firth, D., Charlton, S., Robson, H., Alexander, A., Craig, O. 2015. Archaeological bone lipids as palaeodietary markers. *Mass Spectrom*: 2015, pp. 611–618.
- Colominas, L., Lladó, E., Saña, M., Tornero, C. 2008. La gestió dels recursos animals durant les ocupacions de l'assentament de la caserna de Sant Pau. *Quarhis*, 4, 57-63. Colominas et al., 2015
- Cotton, F. A. 1996. *Química inorgánica básica*. Limusa.
- Craig, H. 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133 (3465), 1702-1703.
- Cruells, W., Castells, J., Molist, M. 1992. Una necrópolis de "cambres amb túmul complex" del IV mil. lenni a la Catalunya interior. *Estat de la investigació sobre el neolític a Catalunya: IX Colloqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà*, 244-248.

- Cunill, R., Soriano, J., Bal, M., Pèlach, A., Pérez-Obiol, R. 2012. Holocene treeline changes on the south slope of the Pyrenees: a pedoanthracological analysis. *Vegetation History and Archaeobotany*: 21, pp. 373-384.
- Cymbron, T., Malheiro, M.I., Bradley, D.G. 1999. Mitochondrial sequence variation suggests an African influence in Portuguese cattle. *Biological Sciences*: 266, pp. 597-603.
- D'Angella, D., Longinelli, A. 1990. Oxygen isotopes in living mammal's bone phosphate: further results. *Chemical Geology*: 86, pp. 75-82.
- Dansgaard, W. 1964. Stable isotopes in precipitation. *Tellus*: 16, pp. 436-468.
- Darr, R.L., Hewitt, D.G. 2006. Stable isotope trophic shifts in white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management*: 72(7), pp. 1525-1531.
- Davidson, J. P., Morgan, D. J., Charlier, B. L. A., Harlou, R., Hora, J. M. 2007. Microsampling and isotopic analysis of igneous rocks: implications for the study of magmatic systems. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 35, 273-311.
- Dawson, T.E., Mambelli, S., Plamboeck, A.H., Templer, P.H., Tu, K.P. 2002. Stable isotopes in plant ecology. *Annual review of ecology and systematic*: 33(1), pp. 507-559.
- 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.
- De Lagrán, Í. G. M. 2017. Review of the archaeological contexts and theoretical models of the Neolithisation of Spain: The North Meseta, The Ebro Valley and Catalonia as a case study. *Quaternary International*.
- De Saulieu, G., Testart, A. (2015). Innovations, food storage and the origins of agriculture. *Environmental Archaeology*: 20(4), 314-320.
- Debono Spiteri, C., Gillis, R., Roffet-Salque, M., Castells Navarro, L., Guilaine, J., Manen, C., Evershed, R. 2016. Regional asynchronicity in dairy production and processing in early farming communities of the northern Mediterranean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (48), 13594-13599. DOI: 10.1073/pnas.1607810113.
- DeNiro, M.J., Epstein, S. 1976. You are what you eat (plus a few permil): the carbon isotope cycle in food chains. *Geol. Soc. Am*: 8, pp. 834-835.
- DeNiro, M.J., Epstein, S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et cosmochimica acta*: 45(3), pp. 341-351.
- DeNiro, M.J. 1987. Stable isotopy and archaeology. *American Scientist*: 75(2), pp. 182-191.
- Digard, J. P. 1981. Techniques des nomades Baxtyâri d'Iran.
- Digard, J. P. 1988. Jalons pour une anthropologie de la domestication animale. *L'homme*, 27-58.
- Dongmann, G., Nürnberg, H.W., Förstel, H., Wagener, K. 1974. On the enrichment of H<sub>2</sub> and <sup>18</sup>O in the leaves of transpiring plants. *Radiat Environ Biophys*: 11, pp. 41-52.
- Ducos, P. 1989. Defining domestication: a clarification. En Clutton-Brock J. (Eds.). *The Walking Larder, Patterns of domestication, pastoralism and predation*. Unwin Hyman, pp. 28-30. London.
- Ducos, P., Helmer, D. 1981. Le point actuel sur l'apparition de la domestication dans le Levant. *Prehistoire du Levant. Paris: Evditions du CNRS*, 523-528.
- Ducos, P. 1993. Proto-élevage et élevage au Levant Sud au VII e millénaire BC Les données de la Damascène. *Paléorient*, 153-173.
- Duquesnay, A., Dupouey, J.L., Clement, A., Ulrich, E., Le Tacon, F. 2000. Spatial and temporal variability of foliar mineral concentration in beech (*Fagus sylvatica*) stands in northeastern France. *Tree Physiology*: 20(1), pp. 13-22.
- Devlin, TM. 2004. Bioquímica: libro de texto con aplicaciones clínicas. Reverté.
- Edo, M., Blasco, A., Villalba, M. J. 2011. La cova de Can Sadurní, guió sintètic de la prehistòria recent de Garraf. *La Cova de Can Sadurní i la prehistòria de Garraf. Recull de*, 30, 13-97.

- Edwards, C.J., Magee, D.A., Park, S., Mcgettigan, P.A., Lohan, A.J., Murphy, A., Finlay, E.K., Shapiro, B., Chamberlain, A.T., Richards, M.B., Bradley, D.G., Loftus, B.J., MacHugh, D.E. 2010. A complete mitochondrial genome sequence from a Mesolithic wild aurochs (*Bos primigenius*). *PLoS ONE*: 5.
- Ehleringer y Cooper, 1988; Ehleringer, J. R., Cooper, T. A. 1988. Correlations between carbon isotope ratio and microhabitat in desert plants. *Oecologia*, 76(4), 562-566.
- Estevez, J., Martín, A. 1991. El nivel epicardial de la Cova del Frare (Matadepera, Barcelona). *Colloque NOolithique Ancien*, pp. 129-133.
- Estevez, J. 1991. *Cuestiones de fauna en arqueología*. Arqueología, nuevas tendencias. CSIC, Madrid, pp. 57- 81.
- Estevez, J. 1981. Paleoeología/Arqueología versus Paleoeconomía/Arqueología. Primeras Jornadas de Metodología de Investigación en la Prehistoria", Soria, 293-298.
- Evin, A., Cucchi, T., Cardini, A., Vidarsdottir, U. S., Larson, G., Dobney, K. 2013. The long and winding road: identifying pig domestication through molar size and shape. *Journal of Archaeological Science*, 40(1), 735-743.
- Evin, A., Cucchi, T., Escarguel, G., Owen, J., Larson, G. Strand Vidarsdottir, U. 2014 Using traditional biometrical data to distinguish West Palearctic wild boar and domestic pigs in the archaeological record: New methods and standards. *Journal Archaeological Science* 43: 1-8.
- Evin, A., Dobney, K., Schafberg, R., Owen, J., Vidarsdottir, U.S., Larson, G. and Cucchi, T. 2015 Phenotype and animal domestication: A study of dental variation between domestic, wild, captive, hybrid and insular *Sus scrofa*. *BMC evolutionary biology* 15 (1): 1.
- Evin, A., Girdland Flink, L., Krause-Kyora, B., Makarewicz, C., Hartz, S., Schreiber, S., Dobney, K. 2014. Exploring the complexity of domestication: a response to Rowley-Conwy and Zeder. *World Archaeology*: 46(5), pp. 825-834.
- Evin, A., Souter, T., Hulme-Beaman, A., Ameen, C., Allen, R., Viacava, P., Dobney, K. 2016. The use of close-range photogrammetry in zooarchaeology: Creating accurate 3D models of wolf crania to study dog domestication. *Journal of Archaeological Science: Reports*.
- Evrard, V., Huettel, M., Cook, P.L.M., Soetaert, K., Heip, C.H.R., Middelburg, J.J. 2012. Importance of phytodetritus and microphytobenthos for heterotrophs in a shallow subtidal sandy sediment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*: 455, pp. 13-31.
- Evrard, V., Soetaert, K., Heip, C.H.R., Huettel, M., Xenopoulos, M.A., Middelburg, J.J. 2010. Carbon and nitrogen flows through the benthic food web of a photic subtidal sandy sediment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*: 416, pp. 1-16.
- Farquhar, G. D., O'Leary, M. H., & Berry, J. A. 1982. On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. *Functional Plant Biology*, 9(2), 121-137.
- Farquhar, G.D., Hubick, K.T., Condon, A.G., Richards, R.A. 1989. Carbon isotope fractionation and plant water-use efficiency. En Rundel PW, Ehleringer JR, Nagy KA (Eds.) *Stable Isotopes in Ecological Research, Ecological Studies*. Springer New York, pp. 21–40.
- Farquhar, G.D. 1980. Carbon isotope discrimination by plants: effects of carbon dioxide concentration and temperature via the ratio of intercellular and atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations. *Carbon Dioxide and Climate: Australian Research. Australian Academy of Science. Canberra*, pp. 105-110.
- Fernandes, R., Nadeau, M. J., Grootes, P.M. 2012. Macronutrient-based model for dietary carbon routing in bone collagen and bioapatite. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 4(4), 291-301.
- Fisher DC, Fox DL. 1998. Oxygen isotopes in mammoth teeth: sample design, mineralization patterns, and enamel- dentine comparisons. *Journal of Vertebrate Palaeontology*: 18, pp. 41A–42A.
- Flannery, K.V. 1969. *Origins and ecological effects of early domestication in Iran and the Near East*.
- Folch, R. 1990. *Comprendre la natura: els organismes i els sistemes naturals terrestres del Paísos Catalans*. Barcino, Barcelona.

- Fontanals-Coll, M., Díaz-Zorita Bonilla, M., Subirà, M.E. 2016. A Palaeodietary Study of Stable Isotope Analysis from a High-status Burial in the Copper Age: The Montelirio Megalithic Structure at Valencina de la Concepción–Castilleja de Guzmán, Spain. *International Journal of Osteoarchaeology*, 26(3), 447-459.
- Fontanals-Coll, M., Subirà, M.E., Bonilla, M.D-Z, Duboscq, S., Gibaja, J.F. 2015. Investigating palaeodietary and social differences between two differentiated sectors of a Neolithic community, La Bòbila Madurell-Can Gambús (north-east Iberian Peninsula). *Journal of Archaeological Science: Reports* 3, pp. 160–170.
- Fortea, J., Martí, B., Fumanal, P., Dupré, M., Pérez Ripoll, M. 1987. Epipaleolítico y neolitización en la zona oriental de la Península Ibérica. *Premières communautés paysannes en Méditerranée Occidentale, Paris*, 581-592.
- Francis, T.B., Schindler, D.E., Holtgrieve, G.W., Larson, E.R., Scheuerell, M.D., Semmens, B.X., Ward, E.J. 2011. Habitat structure determines resource use by zooplankton in temperate lakes. *Ecol. Lett.*: 14, pp. 364-372 .
- Fremondeau, D., De Cupere, B., Evin, A. & Van Neer, W. 2017. Diversity in pig husbandry from the Classical-Hellenistic to the Byzantine periods: an integrated dental analysis of Düzen Tepe and Sagalassos assemblages (Turkey). *JAS: Reports*: 11, pp. 38-52.
- Fricke, H.C., O'Neil, J.R. 1996. Inter and intra-tooth variation in the oxygen isotope composition of mammalian tooth enamel phosphate: implications for palaeoclimatological and palaeobiological research. *Biogeochemistry*: 32, pp. 91–99.
- Frigola, J., Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Sierro, F.J., Flores, J.A., Grimalt, J.O., Hodell, D.A., Curtis J.H. 2007. Holocene climate variability in the western Mediterranean region from a deepwater sediment record. *Paleoceanography*: 22, pp. PA2209.
- Fry, B. 2006. *Stable isotope ecology* (Vol. 521). New York: Springer.
- Fuller, B.T., De Cupere, B., Marinova, E., Van Neer, W., Waelkens, M., Richards, M.P. 2012. Isotopic reconstruction of human diet and animal husbandry practices during the Classical-Hellenistic, imperial, and Byzantine periods at Sagalassos, Turkey. *American Journal of Physical Anthropology*: 149, pp. 157-171.
- Gannes, L. Z., O'Brien, D. M., Del Rio, C. M. 1997. Stable isotopes in animal ecology: assumptions, caveats, and a call for more laboratory experiments. *Ecology*, 78(4), 1271-1276.
- Gannes, L. Z., Del Rio, C. M., Koch, P. 1998. Natural abundance variations in stable isotopes and their potential uses in animal physiological ecology. *Comparative biochemistry and physiology Part A: Molecular & integrative physiology*, 119(3), 725-737.
- García-Atiénzar, G. 2007. *La neolitización del territorio. El poblamiento neolítico en el área central del Mediterráneo español*. PhDthesis. Universidad de Alicante.
- García-Atiénzar, G. 2010. *Las comarcas centromeridionales valencianas en el contexto de la neolitización de la fachada noroccidental del Mediterráneo*. *Trabajos de Prehistoria*:67 (1), pp. 37-58.
- García-Puchol, O., Castillo, A. D., Pardo-Gordó, S. 2016. New insights into the neolithisation process in southwest Europe according to spatial density analysis from calibrated radiocarbon dates. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1-14.
- Gassiot, E., Rodríguez-Antón, D., García, V. 2010. El poblament del Parc Natural de Aigüestortes i l'Estany de Sant Maurici durant el neolític. Noves dades arqueològiques i les seves implicacions per a l'estudi de les zones d'alta muntanya. *VIII Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*, 153-164.
- Gat, J.R. 1996. Oxygen and hydrogen isotopes in the hydrologic cycle. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*: 24, pp. 225–262.
- Gifford-González, D. 1991. Bones are not enough: analogues, knowledge, and interpretive strategies in zooarchaeology. *Journal of Anthropological Archaeology*, 10(3), 215-254.
- Gillis, R., Carrère, I., Saña Seguí, M., Radi, G., Vigne, J. D. 2016. Neonatal mortality, young calf slaughter and milk production during the Early Neolithic of north western Mediterranean. *International Journal of Osteoarchaeology*, 26(2), 303-313.

- Gkiasta, M., Russell, T., Shennan, S., Steele, J. 2003. Neolithic transition in Europe: the radiocarbon record revisited. *Antiquity*, 77(295), 45-62.
- Gonfiantini, R., Gratziu, S., Tongiorgi, E. 1965. Oxygen isotope composition of water in leaves, in: *Isotopes and Radiation in Soil-Plant Nutrition Studies*. IAEA. Vienna, pp. 405–410.
- González, J., Harzbecher, K., Molist, M. 2011. Un nou assentament del V mil· lenni a la costa de Barcelona. *Quarhis*, 7, 86-100.
- Gourichon, L. 2004. *Faune et saisonnalité: l'organisation temporelle des activités de subsistance dans l'Épipaléolithique et le Néolithique précéramique du Levant Nord (Syrie)*. Thèse de doctorat, Lyon, Université Lumière e Lyon 2.
- Granados, O., Puig, F., Farré, R. 1993. La intervenció arqueològica a Sant Pau del Camp: un nou jaciment prehistòric al Pla de Barcelona. *Tribuna d'arqueologia*, 1991, 27-32.
- Guerrero, R., Berlanga, M. 2000. Isótopos estables: Fundamento y aplicaciones. *Actualidad. SEM* (29), 30-17.
- Guilaine, J., Manen, C. 2007. *From Mesolithic to Early Neolithic in the western Mediterranean*. Proceedings of the British Academy, vol. 144, pp. 21-51.
- Guilaine, J. 2001. La diffusion de l'agriculture en Europe: une hypothèse arythmique. *Zephyrus*, 53(4), 267-272.
- Hadjikoumis, A. 2011. 'Pig-menting' the Spanish Neolithic. En Hadjikoumis A, Robinson E, Viner S, (Eds). *The Dynamics of Neolithisation in Europe*. Studies in honour of Andrew Sherratt. Oxbow Books, pp. 196-231.
- Hairston, Jr., Hairston, N.G. 1997. Does food web complexity eliminate trophic-level dynamics?. *The American Naturalist*, 149(5), 1001-1007.
- Halbleib, C.M., Ludden, P.W. 2000. Regulation of biological nitrogen fixation. *The Journal of nutrition*, 130(5), 1081-1084.
- Halley, D.J., Rosvold J. 2014. Stable isotope analysis and variation in medieval domestic pig husbandry practices in northwest Europe: absence of evidence for a purely herbivorous diet. *Journal of Archaeological Science*: 49, pp. 1-5.
- Halstead, P. 1998. Ask the fellows who lop the hay: leaf-fodder in the mountains of Northwest Greece. *Rural History*, vol. 9, no. 2, pp. 211-234.
- Halstead, P. 1998. Mortality models and milking: problems of uniformitarianism, optimality and equifinality reconsidered. *Anthropozoologica*, 27(1998), 3-20.
- Halstead, P. (Ed.). (2000). *Neolithic society in Greece* (Vol. 2). A&C Black.
- Hamilton, J., Thomas, R. 2012. Pannage, Pulses and Pigs: Isotopic and Zooarchaeological Evidence for Changing Pig Management Practices in Later Medieval England. *Medieval archaeology*: 56, pp. 234-259.
- Hammond, C., O'Connor, T. 2013. Pig diet in medieval York: carbon and nitrogen stable isotopes. *Archaeological and Anthropological Science*: 5, pp. 123-127.
- Heaton, T.H., Vogel, J.C., von La Chevallerie, G., Collett, G. 1986. Climatic influence on the isotopic composition of bone nitrogen. *Nature*: 322(6082), pp. 822-823.
- Heaton, T.H.E. 1999. Spatial, species, and temporal variations in the <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C ratios of C3 plants: implications for paleodiet studies. *J Archaeol Sci*: 26, pp. 637–49.
- Hedges, S. B., Dudley, J., Kumar, S. 2006. TimeTree: a public knowledge-base of divergence times among organisms. *Bioinformatics*, 22(23), 2971-2972.
- Hedges, R.E., Clement, J.G., Thomas, C.D.L., O'connell, T.C. 2007. Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: Modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *American Journal of Physical Anthropology*: 133, pp. 808-816.
- Hedges, R.E., Reynard, L.M. 2007. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology. *Journal of Archaeological Science*: 34, pp. 1240-1251.
- Hedges, R. E. 2002. Bone diagenesis: an overview of processes. *Archaeometry*, 44(3), 319-328.



- Helliker, B.R., Ehleringer, J.R. 2000. Establishing a grassland signature in veins:  $^{18}\text{O}$  in the leaf water of  $\text{C}_3$  and  $\text{C}_4$  grasses. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 97, pp. 7894–7898.
- Helmer, D., Vigne, J.D. 2004. La gestion des cheptels de caprinés au Néolithique dans le midi de la France, in *Approches fonctionnelles en Préhistoire. Actes du XXVe Congrès Préhistorique de France (Nanterre, 2000). Mémoires de la société Préhistorique Française*, pp. 397-407.
- Helmer, D. 1992. La domestication des animaux par les hommes préhistoriques. Masson, Paris.
- Helmer, D., Gourichon, L., Vila, E. 2007. The development of the exploitation of products from *Capra* and *Ovis* (meat, milk and fleece) from the PPNB to the Early Bronze in the northern Near East (8700 to 2000 BC cal.). *Anthropozoologica*, 42(2), 41-69.
- Henton, E., Meier-Augenstein, W., Kemp, H.F. 2010. The use of oxygen isotopes in sheep molars to investigate past herding practices at the Neolithic settlement of Çatalhöyük, central Anatolia. *Archaeometry*, 52(3), 429-449.
- Henton, E. 2012. The combined use of oxygen isotopes and microwear in sheep teeth to elucidate seasonal management of domestic herds: the case study of Çatalhöyük, central Anatolia. *Journal of Archaeological Science*, 39(10), 3264-3276.
- Higgs, E. S., Jarman, M. R. 1969. The origins of agriculture: a reconsideration. *Antiquity*, 43(169), 31-41.
- Hilderbrand, G. V., Farley, S. D., Robbins, C. T., Hanley, T. A., Titus, K., Servheen, C. 1996. Use of stable isotopes to determine diets of living and extinct bears. *Canadian Journal of Zoology*, 74(11), 2080-2088.
- Hillson, S. 2005. *Teeth*. Cambridge university press.
- Hobson, K.A., Clark, R.G. 1992. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of  $^{13}\text{C}$  in tissues. *Condor*: 94, pp. 181-188
- Hodder, I. 1990. *The domestication of Europe*. Blackwell Incorporated.
- 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.
- Hunt, H. W., Coleman, D. C., Ingham, E. R., Ingham, R. E., Elliott, E. T., Moore, J. C., Morley, C.R. 1987. The detrital food web in a shortgrass prairie. *Biology and Fertility of Soils*, 3(1), 57-68.
- Iborra, M. P., MARTÍNEZ, R. 2009. La fauna de los niveles neolíticos de la Cova de les Cendres. *La Cova de les Cendres*, 6, 149-162.
- Ingold, T. 1988. The animal in the study of humanity. *Prehistory*, 357.
- Ingold, T. 1980. *Hunters, Pastoralists and ranchers*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ingold, T. 1984. *Time, social relationships and the exploitation of animals: anthropological reflections on Prehistory*. *Animals/Archaeology*, BAR Int. Series 202.
- Ioannidou, E. 2003. Taphonomy of animal bones: species, sex, age and breed variability of sheep, cattle and pig bone density. *Journal of Archaeological Science*, 30(3), 355-365.
- Jardine, T. D., McGeachy, S. A., Paton, C. M., Savoie, M., Cunjak, R. A. 2003. Stable isotopes in aquatic systems: sample preparation, analysis and interpretation. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci./Rapp. Manuscr. Can. Sci. Halieut. Aquat.*, (2656), 44.
- Jarman, M.R., Wilkinson, P.F. 1972. Criteria of animal domestication. *Higgs, ES Papers in Economic Prehistory*.
- Jim, S., Ambrose, S.H., Evershed, R.P. 2004. Stable carbon isotopic evidence for differences in the dietary origin of bone cholesterol, collagen and apatite: implications for their use in palaeodietary reconstruction. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(1), 61-72.
- Johnson, E. 1985. Current developments in bone technology. *Advances in archaeological method and theory*, 8, 157-235.
- Kohn, M. J., Schoeninger, M. J., Valley, J.W. 1996. Herbivore tooth oxygen isotope compositions: effects of diet and physiology. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(20), 3889-3896.

- Kohn, M.J. 2010. Carbon isotope compositions of terrestrial C3 plants as indicators of (paleo) ecology and (paleo) climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(46), 19691-19695.
- Klein, R.G., Cruz-Urbe, K. 1984. *The analysis of animal bones from archeological sites*. University of Chicago press.
- Knockaert, J., Balasse, M., Rendu, C., Burens, A., Campmajo, P., Carozza, L., Vigne, J. D. 2017. Mountain adaptation of caprine herding in the eastern Pyrenees during the Bronze Age: A stable oxygen and carbon isotope analysis of teeth. *Quaternary International*.
- Koch, P. L., Tuross, N., Fogel, M. L. 1997. The effects of sample treatment and diagenesis on the isotopic integrity of carbonate in biogenic hydroxylapatite. *Journal of Archaeological Science*, 24(5), 417-429
- Kohl, D. H., Shearer, G. 1980. Isotopic fractionation associated with symbiotic N<sub>2</sub> fixation and uptake of NO<sub>3</sub>- by plants. *Plant Physiology*, 66(1), 51-56.
- Kohn, M.J., 1996. Predicting animal  $\delta^{18}\text{O}$ : Accounting for diet and physiological adaptation. *Geochim. Cosmochim. Acta* 60, 4811-4829.
- Kohn, M.J., Schoeninger, M.J., Valley, J.W., 1998. Variability in oxygen isotope compositions of herbivore teeth: reflections of seasonality or developmental physiology? *Chem. Geol.* 152, 97-112.
- Krueger, H.W., Sullivan, C.H. 1984. Models for carbon isotope fractionation between diet and bone.
- Kupfer, J. A., Malanson, G. P., Franklin, S. B. 2006. Not seeing the ocean for the islands: the mediating influence of matrix-based processes on forest fragmentation effects. *Global ecology and biogeography*, 15(1), 8-20.
- Land LS, Lundelius EL, Valastro S. 1980. Isotopic ecology of deer bones. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 32: 143-151.
- Larson, G., Dobney, K., Albarella, U., Fang, M., Matisoo-Smith, E., Robins, J., Rowley-Conwy, P. 2005. Worldwide phylogeography of wild boar reveals multiple centers of pig domestication. *Science*, 307(5715), 1618-1621.
- Larson, G., Burger, J. 2013. A population genetics view of animal domestication. *Trends in Genetics*: 29(4), pp. 197-205.
- Larson, G., Fuller, D. Q. 2014. The evolution of animal domestication. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*: 45, pp. 115-136.
- Lauvergne, J. J., Valfrè, F. 1984. La formula genetica della colorazione delle razze bovine a standard italiane [Genetic formula of standardized Italian cattle breeds]. *Riv. Zoot. Vet.*, 12, 310-317.
- Lee-Thorp, J. A. 2008. On isotopes and old bones. *Archaeometry*, 50(6), 925-950.
- Lee-Thorp, J. A., Sealy, J. C., Van Der Merwe, N. J. 1989. Stable carbon isotope ratio differences between bone collagen and bone apatite, and their relationship to diet. *Journal of archaeological science*, 16(6), 585-599.
- Lee-Thorp, J. L., Van Der Merwe, N. J. 1987. Carbon isotope analysis of fossil bone apatite. *South African Journal of Science*, 83(11), 712-715.
- Levin, N.E., Cerling, T.E., Passey, B.H., Harris, J.M., Ehleringer, J.R., 2006. A stable isotope aridity index for terrestrial environments. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103, 11201-11205.
- Lieberman, R. L., Rosenzweig, A.C. 2004. Biological methane oxidation: regulation, biochemistry, and active site structure of particulate methane monooxygenase. *Critical reviews in biochemistry and molecular biology*, 39(3), 147-164.
- Lira, J. 2010. Revisión sobre la genética del origen del ganado vacuno y las aportaciones del ADN antiguo. *Munibe (Antropología-Arkeología)*: 61, pp. 153-170.
- Llorente, L. 2015. Cova Fosca (Ares del Maestrat, Castellón): Zooarchaeology of the Neolithic Revolution in the Iberian Levant (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Madrid).
- Longinelli, A., 1984. Oxygen isotopes in mammal bone phosphate: A new tool for paleohydrological and paleoclimatological research? *Geochim. Cosmochim. Acta* 48, 385-390.

- Lubbock, J. 1865. *Prehistoric Times*. London: Williams and Norgate.
- Lumbreras, L. 1981. *La Arqueología como ciencia social*. Ediciones Peisa, Lima.
- Luz, B., Kolodny, Y. 1985 Oxygen isotope variations in phosphate of biogenic apatites, IV. Mammal teeth and bones. *Earth Planet Sci Lett* 75:29–36.
- Luz, B., Kolodny, Y., Horowitz, M., 1984. Fractionation of oxygen isotopes between mammalian bone-phosphate and environmental drinking water. *Geochim. Cosmochim. Acta* 48, 1689–1693.
- Lyman, R.L., Fox, G. L. 1989. A critical evaluation of bone weathering as an indication of bone assemblage formation. *Journal of Archaeological Science*, 16(3), 293-317.
- Lyman, R. L. 1982. Bone density and differential survivorship of fossil classes. *Journal of Anthropological archaeology*, 3(4), 259-299.
- Lyman, R.L. 1987. Zooarchaeology and taphonomy: a general consideration. *Journal of Ethnobiology*, 7(1), 93-117.
- Lyman, R.L. 1994. *Vertebrate taphonomy*. Cambridge University Press.
- Madgwick, R., Mulville, J., Stevens, R.E. 2012. Diversity in foddering strategy and herd management in late Bronze Age Britain: An isotopic investigation of pigs and other fauna from two midden sites. *Environmental Archaeology* 17: 126–140.
- Magee, D. A. 2006. Genetics and the origins of domestic cattle. *Documenting domestication: new genetic and archaeological paradigms*, 317-328.
- 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*, 0959683617702236.
- Makarewicz, C. A. 2014. Winter pasturing practices and variable fodder provisioning detected in nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) and carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) isotopes in sheep dentinal collagen. *Journal of Archaeological Science*: 41, pp. 502-510.
- Makarewicz, C. A. 2017. Winter is coming: seasonality of ancient pastoral nomadic practices revealed in the carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) isotopic record of Xiongnu caprines. *Archaeological and Anthropological Sciences*: 9(3), pp. 405-418.
- Mariezcurrera, K., Altuna, J. 1989. Análisis arqueozoológico de los macromamíferos del yacimiento de Zatoya. *El yacimiento prehistórico de Zatoya (Navarra)*, 8, pp. 237-266.
- Maiezcurrera, K., Altuna, J. 1995. Fauna de mamíferos del yacimiento costero de Herriko Barra (Zarautz, País Vasco). *Munibe*: 47, pp. 23-32.
- Marean, C. W. 1991. Measuring the post-depositional destruction of bone in archaeological assemblages. *Journal of archaeological Science*: 18(6), 677-694.
- Martín, A.M. 1990. Dinámica del Neolítico antiguo y medio en Cataluña. *Aragón./Litoral Mediterráneo. Intercambios culturales durante la Prehistoria*, 319-333.
- Martín, A. 1992. La economía de producción a lo largo del Neolítico en Cataluña. En Moure, A (eds.), *Elefantes, ciervos y ovicaprinos: economía y aprovechamiento del medio en la prehistoria de España y Portugal*. Universidad de Cantabria, Santander, pp. 203-228.
- Martín, P., Rosell, J., Vergès, J. M. 2009. La gestión de los recursos faunísticos durante el Neolítico en la Sierra de Atapuerca (Burgos): los niveles 19 y 20 de la Cueva del Mirador. *Trabajos de prehistoria*: 66(2), pp. 77-92.
- Martínez-Moreno, J., Villaverde, V., Torcal, R. M. 2011. La placa grabada de Balma Guilanyà (Prepirineo de Lleida) y las manifestaciones artísticas del Mesolítico de la Península Ibérica. *Trabajos de prehistoria*, 68(1), 159-173.
- Mazzucco, N., Clemente, I., Gassiot, E. 2014. Human Adaptation in High-Mountain Environments: The contribution of microwear analysis to the study of the Cova del Sardo site (Spanish Pyrenees).

- In *International Archaeological Conference on Usewear analysis* (pp. 331-341). Cambridge Scholar Publishing, Cambridge.
- McCutchan, J. H., Lewis, W. M., Kendall, C., McGrath, C. C. 2003. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. *Oikos*, 102(2), 378-390.
- McGuire, K., McDonnell, J. 2007. Stable isotope tracers in watershed hydrology. *Stable isotopes in ecology and environmental science*, 334.
- Meadow, R.H. 1989. Osteological evidence for the process of animal domestication. *The walking larder: patterns of domestication, pastoralism, and predation*, 80-90.
- Mesado, N. 2005. La cova de les bruixes (rossell, castellón). *Serie de Trabajos Varios*, 105, 133.
- Mignon, P., Loverix, S., Steyaert, J., Geerlings, P. 2005. Influence of the  $\pi$ - $\pi$  interaction on the hydrogen bonding capacity of stacked DNA/RNA bases. *Nucleic acids research*, 33(6), 1779-1789
- Milhaud, G., Nezit, J. 1991 Développement des molaires chez le mouton. Etude morphologique, radiographique et microdurométrie. *Rec Med Vet Ec Alfort* 167:121-127.
- Minagawa, M., Matsui, A., Ishiguro, N. 2005. Patterns of prehistoric boar *Sus scrofa* domestication, and inter-islands pig trading across the East China Sea, as determined by carbon and nitrogen isotope analysis. *Chemical Geology* 218: 91-102.
- Miotti, L., Salemme, M. 1999. Biodiversity, taxonomic richness and specialists-generalists during late Pleistocene/early Holocene times in Pampa and Patagonia (Argentina, southern South America). *Quaternary International*, 53, 53-68.
- Miretti, M.M., Pereira, H.A., Poli, M.A., Contel, E.P.B., Ferro, J.A. 2002. African-derived mitochondria in South American native cattle breeds (*Bos taurus*): Evidence of a new taurine mitochondrial lineage. *Journal of Heredity*: 93, pp. 323-330.
- Miró, J.M., Molist, M., Vilardell, R. 1992. Aportaciones al estudio del neolítico antiguo en la Cataluña meridional, partiendo de la industria lítica del yacimiento al aire libre de la Timba del Barený (Riudoms, Tarragona).
- Mizutani, H., Kabaya, Y., Wada, E. 1991. Nitrogen and carbon isotope compositions relate linearly in cormorant tissues and its diet.
- Molina-Burguera, G., Penalva, T. P. 200. Nuevo aporte al eneolítico valenciano: la Cueva de las Mulatillas (Villargordo del Cabriel, Valencia). *Anales de prehistoria y arqueología*, 16.
- Molist, M., Clop, X. 2000. La investigación sobre el megalitismo en el noreste de la Península Ibérica: novedades y perspectivas. *Muitas antas, pouca gente*, pp. 253-266.
- 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, pp. 34-53.
- Molist, M., Vicente, O., Farré, R. 2008. El Jaciment de la caserna de Sant Pau del Camp. *Quaderns d'arqueologia i història de la ciutat de Barcelona*: 4, 15-24.
- Moore, J.W., Semmens, B.X. 2008. Incorporating uncertainty and prior information into stable isotope mixing models. *Ecol. Lett.* 11: 470-480
- Mora Torcal, R., Pizarro Barberà, J., Casanova Martí, J. 2011. Memòria d'excavació de la balma Guilanyà (Navès, Solsona).
- Morales, M. G., Arroyo, A. B. M., Chiapusso, M. J. I. 2013. The human occupations of El Mirón Cave (Ramales de la Victoria, Cantabria, Spain) during the Last Glacial Maximum/Solutrean period. *Espacio Tiempo y Forma. Serie I, Prehistoria y Arqueología*, 1(5).
- Morey, D. 1992. Size, Shape and development in the Evolution of the Domestic Dog. *Journal of Archaeological Science*: 19, pp. 181-204.
- Morlan, R. E. 1994. Dialogue: Rodent bones in archaeological sites. *Canadian Journal of Archaeology/Journal Canadien d'Archéologie*, 18, 135-142.

- Müldner, G., Richards, M.P. 2005. Fast or feast: reconstructing diet in later medieval England by stable isotope analysis. *Journal of archaeological Science* **32**: 39-48.
- Müldner, G., Richards, M. P. 2007. Stable isotope evidence for 1500 years of human diet at the city of York, UK. *American Journal of Physical Anthropology*, *133*(1), 682-697.
- Muñoz, J., Castañeda Fernández, V. 2009. El asentamiento al aire libre de La Fontanilla (Conil de la Frontera, Cádiz). Nuevas aportaciones para el estudio de las comunidades de cazadores-recolectores especializados en la Banda atlántica de Cádiz.
- Munson, P., Garniewicz, R.C., 2003. Age-mediated survivorship of ungulate mandibles and teeth in Canid-ravaged faunal assemblages. *Journal of Archaeological Science* *30*, 405e416.
- 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, JA (ed.) *La producción de alimentos. Arqueología, historia y futuro de la dieta Mediterránea*. PHICARIA. Proceeding of the I Congreso sobre la producción en las sociedades Mediterráneas: Universidad Popular de Mazarrón Murcia, pp. 121-129.
- Navarrete, V; Saña, M. 2017. Size changes in wild and domestic pig populations between 10,000-800 cal BC in the Iberian Peninsula: evaluation of natural versus social impacts in animal populations during the first domestication stages. *The Holocene* *27* (10): 1526-1539.
- Navarrete, V; Tornero, C; Balasse, M; Saña, M. Submitted. Food habits of early introduced caprine and bovine herds in the Iberian Peninsula: an isotopic approach. *Quaternary International*.
- Navarrete, V; Colonese, A; Tornero, C; Antolín, F; von Terchs, M; Subirà, M.E; Comes, P; Rosell, A; 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 y Saña, M. inédito. Análisis Arqueozoológico del yacimiento neolítico de Reina Amàlia (Barcelona). Universidad Autónoma de Barcelona.
- Navarrete, V y Saña, M. inédito. Análisis Arqueozoológico del yacimiento neolítico de Cova del Frare (Matadepera, Barcelona). Universidad Autónoma de Barcelona.
- Nielsen-Marsh, C. M., Hedges, R. E. 2000. Patterns of diagenesis in bone I: the effects of site environments. *Journal of Archaeological Science*, *27*(12), 1139-1150.
- Norr, L. 1995. Interpreting dietary maize from bone stable isotopes in the American tropics: the state of the art. *Archaeology in the lowland American tropics: Current analytical methods and recent applications*, 198-223.
- O'Leary, M.H. 1988. Carbon isotopes in photosynthesis: Fractionation techniques may reveal new aspects of carbon dynamics in plants. *Bioscience* *38*: 328-336.
- O'Leary, M.H. 1995. Environmental effects on carbon isotope fractionation in terrestrial plant. *Stable isotope in the biosphere*, 78-91.
- O'Connell, T.C., Kneale, C.J., Tasevska, N., Kuhnle, G. 2012. The diet-body offset in human nitrogen isotopic values: A controlled dietary study. *American Journal of Physical Anthropology* **149**: 426-434.
- Olcina, A., Gómez Mendoza, J. 2001. Geografía de España. *Ariel, Barcelona*, 675.
- Oms, F. X., Petit, M. À., Allué, E., Bargalló, A., Blain, H. A., López-García, J. M., Solé, À. 2009. Estudio transdisciplinar de la fosa EE1 de la Cova Colomera (Prepirineo de Lleida): implicaciones domésticas y paleoambientales en el Bronce Antiguo del noreste de la Península Ibérica. *Trabajos de prehistoria*, *66*(1), 123-144.
- Oms, F., Martín, A., Esteve, X., Mestres, J., Morell, B., Subirà, M., Gibaja, J. 2016. The Neolithic in Northeast Iberia: Chronocultural Phases and 14C. *Radiocarbon*: *58*(2), pp. 291-309.
- Ottoni, C., Girdland Flink, L., Evin, A., Geörg, C., De Cupere, B., Van Neer, W., Decorte, R. 2012. Pig domestication and human-mediated dispersal in western Eurasia revealed through ancient DNA and geometric morphometrics. *Molecular biology and evolution*: *30*(4), pp. 824-832.
- van Oevelen, D., Van den Meersche, K., Meysman, F. J., Soetaert, K., Middelburg, J. J., Vézina, A. F. 2010. Quantifying food web flows using linear inverse models. *Ecosystems*, *13*(1), 32-45.

- Palomo, A., Piqué, R., Terradas, X., Bosch, À., Buxó, R., Chinchilla, J., 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.
- Panarello, H. O. 1987. Oxygen-18 temperatures on present and fossil invertebrated shells from Tunel Site, Beagle Channel, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 5, 83-91.
- Papoli-Yazdi, 1991;
- Parnell, A.C., Inger, R., Bearhop, S., Jackson, A.L. 2010. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. *PLoS ONE* 5(3): e9672
- Passey, B.H., Robinson, T.F., Ayliffe, L.K., Cerling, T.E., Sponheimer, M., Dearing, M.D., Roeder, B.L., Ehleringer, J.R., 2005. Carbon isotope fractionation between diet, breath CO<sub>2</sub>, and bioapatite in different mammals. *J. Archaeol. Sci.* 32, 1459–1470.
- Payne y Bull, 1988. Payne, S. and Bull, G. 1988. Components of variation in measurements of pig bones and teeth, and the
- Payne, 1973;
- Pechenkina, E.A., Ambrose, S.H., Xiaolin, M., Benfer, R. A. 2005. Reconstructing northern Chinese Neolithic subsistence practices by isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science* 32: 1176-1189.
- Pèlachs, A., Soriano, J.M., Nadal, J., Esteban, A. 2007. Holocene environmental history and human impact in the Pyrenees. *Contributions to Science*: 3 (3), pp. 421-429.
- Pérez-Jordà, G., Peña-Chocarro, L., Groot, M., Lentjes, D., Zeiler, J. 2013. Agricultural production between the 6th and the 3rd millennium cal BC in the central part of the Valencia region (Spain). En Groot M, Lentjes D, Zeiler J, (eds.) *Barely Surviving or More Than Enough?*. Sidestone Press, Leiden, pp. 81-100.
- Pérez-Obiol, R., Jalut, G., Julià, R., Pèlachs, A., Iriarte, M. J., Otto, T., Hernández-Beloqui, B. 2011. Mid-Holocene vegetation and climatic history of the Iberian Peninsula. *The Holocene*, 21(1), 75-93.
- 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.
- Perez-Ripoll, M. 1980. La fauna de vertebrados. En Marti B, (ed.) *Cova de l'Or (Beniarrés-Alicante)*. Serie de trabajos varios del SIP: 65. Diputacion provincial de Valencia. Valencia, pp. 193-255.
- Perez Ripoll, M. 1977. Los mamíferos del yacimiento musteriense de Cova Negra (Jativa, Valencia).(Les mammifères du site moustérien de CN (JV). *Servicio de Investigacion Prehistorica. Serie de Trabajos Varios Valencia*, 53, 7-147.
- Phillips, D.L. 2001. Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a critique. *Oecologia* 127:166–170
- Phillips, D.L., Gregg, J.W. 2003. Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. *Oecologia* 136:261–269
- Phillips, D.L. 2012. Converting isotope values to diet composition: the use of mixing models. *J. Mammal.* 93(2): 342-352
- Phillips, D. L., Inger, R., Bearhop, S., Jackson, A. L., Moore, J. W., Parnell, A. C., Ward, E. J. 2014. Best practices for use of stable isotope mixing models in food-web studies. *Canadian Journal of Zoology*, 92(10), 823-835.
- Phoca-Cosmetatou, N. 2008. The terrestrial economy of a lake settlement: The faunal assemblage from the first phase of occupation of Middle Neolithic Dispilio (Kastoria Greece). *Anaskamma*, 2, 47-68.
- Piasentier, E., Valusso, R., Camin, F., Versini, G. 2003. Stable isotope ratio analysis for authentication of lamb meat. *Meat science*, 64(3), 239-247.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J.M., Morales de León, J. 2002. Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. *Folia entomologica mexicana*, 41(1), 15-29.

- Piqué i Huerta, R. 2006. Los carbones y las maderas de contextos arqueológicos y el paleoambiente. *Revista Ecosistemas*, 15(1).
- Polis, G. A., Strong, D. R. 1996. Food web complexity and community dynamics. *The American Naturalist*, 147(5), 813-846.
- Polley, H. W., Johnson, H. B., & Mayeux, H. S. (1993). Increasing CO<sub>2</sub>: comparative responses of the C<sub>4</sub> grass *Schizachyrium* and grassland invader *Prosopis*. *Ecology*, 75(4), 976-988.
- Ramírez, O., Burgos-Paz, W., Casas, E., Ballester, M., Bianco, E., Olalde, I., Sana, M. 2015. Genome data from a sixteenth century pig illuminate modern breed relationships. *Heredity*: 114(2), pp. 175-184.
- Rasmussen, M. 1993. Settlement structure and economic variation in the Early Bronze Age. *Journal of danish archaeology*, 11(1), 87-107.
- Ramsay, M. A., Hobson, K. A. 1991. Polar bears make little use of terrestrial food webs: evidence from stable-carbon isotope analysis. *Oecologia*, 86(4), 598-600.
- Raven, J. A. 2003. Inorganic carbon concentrating mechanisms in relation to the biology of algae. *Photosynthesis Research*, 77(2-3), 155-171.
- Redding, R.W. 1988. A general explanation of subsistence change: From hunting and gathering to food production. *Journal of Anthropological Archaeology*: 7(1), pp. 56-97.
- Redman, C.L. 1990. *Los orígenes de la civilización*. Barcelona.
- Reed, S. J. B., Smith, D. G. W., Long, J. V. P. 1983. Rare earth elements in chondritic phosphates—implications for 244Pu chronology. *Nature*, 306(5939), 172-173.
- Rendu, C. 2003. La montagne d'Enveig, une estive pyrénéenne dans la longue durée (p. 606). Trabucaire.
- Revelles, J., Burjachs, F., van Geel, B. 2016. Pollen and non-pollen palynomorphs from the Early Neolithic settlement of La Draga (Girona, Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*: 225, pp. 1-20.
- Ribé, G. 1993. *Espai / Territori entre el neolític antic i el neolític mitjà. Aproximació a un estudi d'arqueologia espacial a l'Alt Empordà*. Tesis de Llicenciatura inèdita, Universidad Autònoma de Barcelona.
- Riera Torres, F., Sáez, L. 2014. Tendències biològiques i biogeogràfiques que determinen la distribució i diversitat vegetal als illots de la Mediterrània occidental.
- Rivals, F., Semprebon, G. M. 2011. Dietary plasticity in ungulates: insight from tooth microwear analysis. *Quaternary International*, 245(2), 279-284.
- Royo Guerra, M. Á., Peña Chocarro, L., Royo Guillén, J. I., Tejedor Rodríguez, C., García-Martínez de Lagrán, I., Arcusa Magallón, H., Ortega i Cobos, D. 2013. Pastores trashumantes del neolítico antiguo en un entorno de alta montaña: secuencia crono-cultural de la Cova de Els Trocs (San Feliú de Veri, Huesca).
- Royo, M., Garrido, R., García-Martínez de Lagrán, I. 2012. *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo*. Cátedra
- Rosell, C., Fernandez-Llario, P. and Herrero, J. 2001. El jabali (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758). *Galemys* 13
- Rosillo, R., Tarrús, J., Palomo, A., García, R. 2010. Les esteles amb banyes de la Serra del Mas Bonet (Vilafant, Alt Empordà) dins de l'art megalític de Catalunya. *Cypsela: revista de prehistòria i protohistòria*, (18), 43-59.
- Rosillo, R., Palomo, A., Tarrús Galter, J., Bosch, À., García, R., Antolín Tutusaus, F., Gibaja, J. F. 2015. Darreres troballes de la prehistòria recent a l'Alt Empordà. Dos assentaments a l'aire lliure: la Serra del Mas Bonet (Vilafant) i els Banyes de la Mercè (Capmany).
- Rowley-Conwy, P., Albarella, U., Dobney, K. 2012. Distinguishing wild boar from domestic pigs in prehistory: a review of approaches and recent results. *Journal of World Prehistory*, 25(1), 1-44.
- Rowley-Conwy, P. 1995. Wild or domestic? On the evidence for the earliest domestic cattle and pigs in south Scandinavia and Iberia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 5(2), 115-126.

- Rozanski, K., Araguás-Araguás, L., Gonfiantini, R., 1993. Isotopic patterns in modern global precipitation, in: *Climate Change in Continental Isotopic Records*. American Geophysical Union, pp. 1–36.
- Sakae, T., Hirai, G. 1982. Calcification and crystallization in bovine enamel. *Journal of Dental Research* 61: 57–59.
- Domingo, L., Koch, P. L., Fernández, M. H., Fox, D. L., Domingo, M. S., Alberdi, M. T. 2013. Late Neogene and Early Quaternary paleoenvironmental and paleoclimatic conditions in Southwestern Europe: isotopic analyses on mammalian taxa. *PLoS One*, 8(5), e63739.
- Saña, M., Antolín, F., Zapata, M., Castells, L., Craig, O.E., Benaiges, M.E., Spiteru, C. 2015. Prácticas agropecuarias durante el Neolítico antiguo y medio en la cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona) En Gonçalves V, Diniz M, Sousa AC (eds.) *5° Congresso do Neolítico Peninsular*. Centro do Arqueologia da Universidade de Lisboa; Lisboa; pp. 57-66.
- Saña, M., Navarrete, V. 2016. Gestió ramadera al pla de Barcelona durant la prehistòria. En Molist M, Gómez A (eds.) *La prehistòria al pla de Barcelona. Nous documents per a una síntesi*. MUHBA. Ajuntament de Barcelona: Barcelona; pp. 97-104.
- Saña, M. 1997. *Recursos animals i societat del 8.800 BP al 7.000 BP a la vail mitjana de l'Eufrates: dinàmica del procés de domesticació animal. Proposta metodològica d'anàlisi arqueozoològica i la seva aplicació al jaciment de tell Halula*. Tesi doctoral inèdita, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- Saña, M. 1998. Els recursos animals. En À. Bosch, R., Buxó, A., Palomo, M., Buch, J., Mateu, E., Taberero, J., Casadevall., (eds.) *El poblament neolític de Plansallosa. L'explotació del territori dels primers agricultors-ramaders de l'Alta Garrotxa*. Publicacions eventuales d'arqueologia de la Garrotxa 5. Olot, pp. 93-98.
- Saña, M. 1999. *Arqueología de la domesticación animal: la gestión de los recursos animales en tell Halula (valle del Éufrates, Siria) del 8800 al 7000 BP*. Phd Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, España.
- Saña, M. 2000. La gestió i explotació dels recursos animals. En Bosch A, Chinchilla J, Tarrus J (eds.) *El poblament lacustre neolític de La Draga: excavacions de 1990 a 1998*. Girona: Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, pp. 150-164.
- Saña, M. 2005. Animal domestication: subject of study and subject of historical Knowledge. *Revue de Paléobiologie*: 10, pp. 149-154.
- Saña, M. 2011. La gestió dels recursos animals. En Bosch A, Chinchilla J, Tarrus J (eds.) *El poblament lacustre del Neolític antic de la Draga. Excavacions 2000–2005*. Girona: Monografies del CASC 9, pp. 177-212.
- Saña, M. 2013. Domestication of animals in the Iberian Peninsula. En Colledge S, Conolly J, Dobney K, Manning K, Shennan S (eds.) *The origins and spread of domestic animals in southwest Asia and Europe*. Walnut Creek: Left Coast Press, pp.195-220.
- Saña, M. 2014. *Anàlisi Arqueozoològica del jaciment de Serra de Mas Bonet (Vilafant, Girona)*. Laboratori d'Arqueozoològia. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Saurer, M., Siegenthaler, U., Schweingruber, F. 1995. The climate-carbon isotope relationship in tree rings and the significance of site conditions. *Tellus B*, 47(3), 320-330.
- Schoeninger, M. J., DeNiro, M. J., Tauber, H. 1983. Stable nitrogen isotope ratios of bone collagen reflect marine and terrestrial components of prehistoric human diet. *Science*, 220(4604), 1381-1383.
- Schoeninger, M., Kohn, M., Valley, J. 2002. Tooth oxygen isotope ratios as paleoclimate monitors in arid ecosystems. *Biogeochemical approaches to paleodietary analysis*, 117-140.
- Schulting, R. J. 1998. Slighting the sea: stable isotope evidence for the transition to farming in northwestern Europe. *Documenta Praehistorica*, 25(203), 18.
- Schwarcz, H.P., Schoeninger, M.J. 1991. Stable isotope analyses in human nutritional ecology. *American Journal of Physical Anthropology* 34: 283-321.
- Sealy, J. C., Van Der Merwe, N. J., Thorp, J. A. L., Lanham, J. L. 1987. Nitrogen isotopic ecology in southern Africa: implications for environmental and dietary tracing. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51(10), 2707-2717.



- Sealy, J. 2001. Body tissue chemistry and palaeodiet. In *Handbook of archaeological sciences*, Brothwell DR, Pollard AM (eds.). John Wiley & Sons: Michigan; 269-279.
- Siegenthaler, U., Oeschger, H., 1980. Correlation of  $^{18}\text{O}$  in precipitation with temperature and altitude. *Nature* 285, 314–317.
- Silver, I. A. 1969. 26 The Ageing of Domestic Animals. D. Brothwell, E. Higgs (éd.), *Science in Archaeology. A Comprehensive Survey of Progress and Research*, Londres, 283-302.
- Smith, J.A., Mazumder, D., Suthers, I.M., Taylor, M.D. 2013. To fit or not to fit: evaluating stable isotope mixing models using simulated mixing polygons. *Methods Ecol. Evol.* 4(7): 612-618
- Smith, J. A. C., Griffiths, H., & Lüttge, U. 1986. Comparative ecophysiology of CAM and C3 bromeliads. I. The ecology of the Bromeliaceae in Trinidad. *Plant, Cell & Environment*, 9(5), 359-376.
- Speth, J. D., Spielmann, K. A. 1983. Energy source, protein metabolism, and hunter-gatherer subsistence strategies. *Journal of Anthropological Archaeology*: 2(1), pp. 1-31.
- Sponheimer, M., Lee-Thorp, J.A., 1999. Oxygen isotopes in enamel carbonate and their ecological significance. *J. Archaeol. Sci.* 26, 723–728.
- Stapp, P., Polis, G. A., Piñero, F. S. 1999. Stable isotopes reveal strong marine and El Niño effects on island food webs. *Nature*: 401(6752), pp. 467-469.
- Stein, G. 1989. Strategies of risk reduction in herding and hunting systems of Neolithic southeast Anatolia. *Early Animal Domestication and Its Cultural Context*: 6, p. 87.
- Stenhouse, M.J., Baxter, M.S. 1979. The uptake of bomb  $^{14}\text{C}$  in humans. En Berger R, Suess HE, editors. *Radiocarbon dating*. Berkeley: University of California Press, pp. 324–41.
- Stevens, C. E., Hume, I. D. 2004. *Comparative physiology of the vertebrate digestive system*. Cambridge University Press.
- Stuiver, M., Braziunas, T. F. 1987. Tree cellulose  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  isotope ratios and climatic change. *Nature*: 328(6125), pp. 58-60.
- Suga, S. 1982. Progressive mineralization pattern of developing enamel during the maturation stage. *J Dent Res Spec No*:1532–42.
- Szpak, P. 2014. Complexities of nitrogen isotope biogeochemistry in plant-soil systems: implications for the study of ancient agricultural and animal management practices. *Frontiers in plant science*: 5, p. 288
- Tagliacozzo, A. 2005. Animal exploitation in the Early Neolithic in central-southern Italy. *Munibe. Antropologia- arkeologia*: 57, pp. 429-439.
- Terradas, X., Gibaja, J. F. (2002). La gestión social del sílex melado durante el neolítico medio en el nordeste de la Península Ibérica. *Trabajos de prehistoria*, 59(1): pp. 29-48.
- Terradas-Batlle, X., Piqué, R., Palomo, A., Bosch, À., Buxó, R., Chinchilla, J., Rosillo, R. 2015. Darreres intervencions arqueològiques al poblat neolític de La Draga al l'estany de Banyoles (Banyoles, Pla de l'Estany). En Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya (ed.) *Tribuna d'Arqueologia 2012-2013*. Entitat Autònoma del Diari Oficial i de Publicacions: Barcelona, pp. 33-47.
- Tarús, J., Clop, X. 2010. Le Néolithique ancien de Catalogne (VIe-première moitié du Ve millénaire av. J.-c.)—Les séquences chronoculturelles.
- Testart, A. 1982. The significance of food storage among hunter-gatherers: Residence patterns, population densities, and social inequalities [and comments and reply]. *Current anthropology*: 23(5), pp. 523-537.
- Testart, A. 1988. Some Major Problems in the Social Anthropology of Hunter-Gatherers [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*: 29(1), pp. 1-31.
- Thomsen, M. 1977. Historical landmarks in the treatment of burns. *British journal of plastic surgery*, 30(3), 212-217.
- Tieszen, L. L., Boutton, T. W., Tesdahl, K. G., Slade, N. A. 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for  $\delta^{13}\text{C}$  analysis of diet. *Oecologia*, 57(1), 32-37.

- Tieszen, L. L., Fagre, T. 1993. Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO<sub>2</sub>, bone collagen, bioapatite, and soft tissues. In *Prehistoric human bone* (pp. 121-155). Springer Berlin Heidelberg.
- Tieszen, L.L., 1991. Natural variations in the carbon isotope values of plants: Implications for archaeology, ecology, and paleoecology. *J. Archaeol. Sci.* 18, 227–248.
- Tornero, C., Bălăşescu, A., Ughetto-Monfrin, J., Voinea, V., Balasse, M. 2013. Seasonality and season of birth in early Eneolithic sheep from Cheia (Romania): methodological advances and implications for animal economy. *Journal of Archaeological Science*, 40(11), 4039-4055.
- 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, C., 2011. Estrategias de explotación, gestión y apropiación del ganado en las primeras sociedades campesinas del valle medio del Eufrates (República Árabe de Siria). Integración de los análisis biogeoquímicos al estudio arqueofaunístico de tell Halula (Valle Medio del Eufrates, República Árabe de Siria). *Unpublished Ph. D.*
- Troy, C.S., MacHugh, D. E., Bailey, J. F., Magee, D. A., Loftus, R. T., Cunningham, P., Chamberlain, A. T., Sykes, B. C. y Bradley, D. G., 2001, «Genetic evidence for Near-Eastern origins of European cattle», *Nature* 410, 1088-1091.
- Tsutaya, T., Sawada, J., Dodo, Y., Mukai, H., Yoneda, M. 2013. Isotopic evidence of dietary variability in subadults at the Usu-moshiri site of the Epi-Jomon culture, Japan. *Journal of Archaeological Science*, 40(11), 3914-3925.
- Uerpmann, H. P. 1995. La Domesticació i els orígens de la producció d'aliments. *Cota zero: revista d'arqueologia i ciència*, (11), 71-80.
- Urey, H. C. 1947. The thermodynamic properties of isotopic substances. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, 562-581.
- Utrilla Miranda, P. 1996. La sistematización del Magdaleniense cantábrico: una revisión histórica de los datos. *El hombre fósil" 80 años después: homenaje a Hugo Obermaier*, 211-247.
- Vai, S., Vilaca, S.T., Romandini, M., Benazzo, A., Visentini, P., Modolo, M., Bertolini, M., MacQueen, P., Austin, J., Cooper, A., Caramelli, D., Lari, M. and Bertorelle, G. 2015. The Biarzo case in northern Italy: is the temporal dynamic of swine mitochondrial DNA lineages in Europe related to domestication?. *Scientific reports* 5: 16514.
- Runnels, C. N., van Andel, T. H. 2003. The Early Stone Age of the Nomos of Preveza: landscape and settlement. *Hesperia Supplements*, 32, 47-134.
- Van der Merwe, N. J. 1989. Natural variation in <sup>13</sup>C concentration and its effect on environmental reconstruction using <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C ratios in animal bones. *The chemistry of prehistoric human bone. Cambridge University Press, Cambridge*, 105-125.
- van der Merwe, N. J., Medina, E. 1991. The canopy effect, carbon isotope ratios and foodwebs in Amazonia. *Journal of Archaeological Science*, 18(3), 249-259.
- Vanhaverbeke, H., Vermeersch, P. M., Beuls, I., De Cupere, B., Waelkens, M. 2008. People of the Höyüks vs People of the Mountains? En *The Aegean in the Neolithic, Chalcolithic and the Early Bronze Age* (pp. 593-606). Ankara Üniversitesi Basimevi.
- Vanpoucke, S., De Cupere, B., Waelkens, M. 2007. Economic and ecological reconstruction at the classical site of Sagalassos, Turkey, using pig teeth. *Pigs and Humans: 10*, pp. 269-282.
- Vanpoucke, S., Mainland, I., De Cupere, B., Waelkens, M. 2009. Dental microwear study of pigs from the classical site of Sagalassos (SW Turkey) as an aid for the reconstruction of husbandry practices in ancient times. *Environmental Archaeology: 14*(2), pp. 137-154.
- Van Klinken, G. J. 1999. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science*, 26(6), 687-695.
- Varela, J. L., Rodríguez-Marín, E., Medina, A. 2013. Estimating diets of pre-spawning Atlantic bluefin tuna from stomach content and stable isotope analyses. *Journal of Sea Research*, 76, 187-192.

- Vicent, J. 1990. El Neolític: transformacions socials i econòmiques. En Anfruns L (ed.), El canvi cultural a la prehistòria. Ed. Columna. Barcelona, pp. 241-293.
- Vicent, J.M. 1988. El origen de la economía productora. Breve introducción a la Historia de las Ideas. En López P (ed.) El Neolítico en España. Cátedra. Madrid, pp. 11-58.
- Vicent, J.M. 1991. El Neolítico. Transformaciones sociales y económicas. *Boletín de Antropología Americana*: 24, pp. 31-62.
- Vigne, J.D. 1988. La faune mammalienne de Terrina IV, *Tern/na et le Tern/nien*. *Rechenches sun le Chalcolithiquo do/a Conse*, pp. 265-317.
- Vigne, J. D. 2014. The origins of mammals on the Mediterranean islands as an indicator of early voyaging. *Eurasian Prehistory*: 10(1-2), pp. 45-56.
- Vigne, J. D. 2015. Early domestication and farming: what should we know or do for a better understanding? *Anthropozoologica*: 50(2), pp. 123-150.
- Vigne, J. D., Helmer, D. 1999. Nouvelles analyses sur les débuts de l'élevage dans le centre et l'ouest méditerranéen. *Le Néolithique du nord-ouest Méditerranéen, Actes XXIVe Congr. Préhist. Fr.(ed. J. Vaquer)*, pp. 129-146.
- 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.
- Vigne J. D., Peters J., Helmer D. 2002. New archaeozoological approaches for the first steps of animal domestication: general presentation; reflections and proposals. In Vigne JD, Peters J and Helmer D (eds) *New methods and the first steps of mammal domestication. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Council of Archeozoology (Durham, 23rd-28th August 2002)*. Oxford: Oxbow Books, pp. 1-16.
- Vincent, J. 1979. *On the Sexual Division of labour, Population, and the origins of Agriculture*.
- Vogel JC. 1978. Isotopic assessment of the dietary habits of ungulates. *South African Journal of Science* 74: 298–301.
- Vogel, J. C. 1980. Fractionation of the carbon isotopes during photosynthesis. In *Fractionation of the Carbon Isotopes during Photosynthesis* (pp. 5-29). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Waterlow, J. C. 2006. *Protein turnover*. CABI.
- Weinmann, J. P., Wessinger, G. D., Reed, G. 1942. Correlation of chemical and histological investigations on developing enamel. *Journal of Dental Research*, 21(2), 171-182.
- Weinreb, M. M., Sharav, Y. 1964. Tooth development in sheep. *American Journal of Veterinary Research*, 25, 891-908.
- Whittle, A. W. 2003. *The archaeology of people: dimensions of Neolithic life*. Psychology Press.
- Larson, G., Dobney, K., Albarella, U., Fang, M., Matisoo-Smith, E., Robins, J., Rowley-Conwy, P. 2005. Worldwide phylogeography of wild boar reveals multiple centers of pig domestication. *Science*, 307(5715), 1618-1621.
- 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.
- Yravedra, J. 2006. *Tafonomía aplicada a Zooarqueología*. UNED ediciones, Madrid.
- Yurtsever, Y., Gat, J. R. 1981. Atmospheric waters. of: IAEA (ed), *Stable Isotope Hydrology: Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle*. Vienna: IAEA, 103-142.
- Zanchetta et al., 2016. Zanchetta, G., Regattieri, E., Drysdale, R., Bini, M., Baneschi, I. and Hellstrom, J. 2016. The so-called "4.2 event" in the central Mediterranean and its climatic teleconnections. *Alpine and Mediterranean Quaternary* 29 (1): 5-17.
- Zapata, L., Peña-Chocarro, L., Pérez-Jordà, G., Stika, H. 2004. Early Neolithic agriculture in the Iberian Peninsula. *World Archaeology*: 18 (4), pp. 283-325.

- Zazzo, A., Balasse, M., Patterson, W.P. 2005. High-resolution  $\delta^{13}\text{C}$  intratooth profiles in bovine enamel: Implications for mineralization pattern and isotopic attenuation. *Geochim Cosmochim Acta* 69:3631–3642.
- Zeder, M. A. (Ed.). 2006. *Documenting domestication: new genetic and archaeological paradigms*. University of California Press.
- Zeder, M. A. 2012. Pathways to animal domestication. *Biodiversity in agriculture: Domestication, evolution and sustainability*, 227-259.
- Zeder, M.A. 2012. The domestication of animals. *Journal of Anthropological Research* 68 (2): 161-190
- Zeder, M. A. 2015. Core questions in domestication research. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(11): pp. 3191-3198.
- Zeder, M. A. 2016. Domestication as a model system for niche construction theory. *Evolutionary ecology*, 30(2): pp. 325-348.
- Zeder, M. A. 2017. Domestication as a model system for the extended evolutionary synthesis. *Interface Focus*, 7(5), pp. 20160133.
- Zilhão, J. 1997. Maritime pioneer colonisation in the early Neolithic of the west Mediterranean. Testing the model against the evidence. *Documenta Praehistorica: 24*, pp. 19-42.
- Zilhão, J. 2000. From the Mesolithic to the Neolithic in the Iberian peninsula. En Price TD (ed.) *Europe's first farmers*. Cambridge University Press, United Kingdom, pp. 144-182.
- Zilhão, J. 2001. Radiocarbon evidence for maritime pioneer colonization at the origins of farming in west Mediterranean Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: 98 (24), pp. 14180-14185.
- Zilhão, J. 2011. "Time is on my side..." in Dynamics of Neolithisation in Europe. En Hadjikoumis A, Robinson E, Viner S (eds.) *Studies in honour of Andrew Sherratt*. Oxbow Books. Oxford, pp. 46- 65.

## Índice de tablas y figuras

### Capítulo 2. Materiales y Métodos

Tabla 2.1. Secuencia cronocultural establecida para el noreste de la Península Ibérica (Barceló, 2008).....	25
Tabla 2.2. Cronología de los yacimientos estudiados.....	31
Tabla 2.3. Cronología de los yacimientos de estudio.....	54
Tabla 2.4. Cronología de los yacimientos de estudio.....	57
Tabla 2.5. Numero (NR) de muestras analizadas en los yacimientos estudiados.....	61

### Capítulo 3. Animales domésticos y ganadería en el Noreste Peninsular durante el 5700-2500 cal ANE

Tabla 3.1. Distribución de las frecuencias de representación taxonómica (NR y %NR) por cada yacimiento estudiado.....	106
Tabla 3.2. Distribución de las frecuencias relativas de edad en meses (m) y años (a) de matanza para las especies domésticas ( <i>Bos taurus</i> , <i>Sus domesticus</i> , <i>Ovis aries</i> , <i>Capra hircus</i> ) en cada yacimiento analizado.....	113

### Capítulo 4\_ Buscando explicaciones a la variabilidad en la gestión animal a inicios del Neolítico: cuestiones de representatividad en arqueozoología

Tabla 4.1. Clases de edad utilizadas para <i>Ovis aries</i> , <i>Capra hircus</i> , <i>Bos taurus</i> y <i>Sus domesticus</i> . Edad expresada en meses.....	164
--	-----

## Índice figuras

### Capítulo 2\_ Materiales y Métodos

Figura 2.1. Localización de los yacimientos estudiados.....	30
Figura 2.2. Localización de los sectores arqueológicos del yacimiento de La Draga.....	33
Figura 2.3. Trabajos de excavación realizados durante el año 2010-2012 en el Sector D del yacimiento de la Draga.....	33
Figura 2.4. Planta general (izquierda) y relación estratigráfica (derecha) del yacimiento de Reina Amàlia.....	36
Figura 2.5. Estructura III y estructuras exteriores del yacimiento de Reina Amàlia. Fotografía de ArqueoCat.....	37
Figura 2.6. Corte estratigráfico del subsuelo del barrio del Raval de Barcelona, de mar (Ronda litoral) a interior (Plaça de la Gardunya) y localización del yacimiento (Lloveras et al., 2014)....	38
Figura 2.7. A la izquierda, planta y sección de las estructuras de almacenaje 1,2, 3 y 4. A la derecha, las estructuras 2, 3 y 9 (Bosch y Molist, 2016).....	39
Figura 2.8. Planta y sección del yacimiento de cova del Frare (por Luis Sant).....	41

Figura 2.9. Ejemplo de corte estratigráfico de los cuadros Z-35 y Y35 (Martín et al., 1981).....	41
Figura 2.10. Planta de la cova de Can Sadurní (Edo et al., 2011).....	43
Figura 2.11. Corte estratigráfico de la Cueva Can Sadurní (Blasco et al., 2005).....	44
Figura 2.12. Planta y distribución de las estructuras del yacimiento de Serra de Mas Bonet (Rosillo et al., 2015).....	46
Figura 2.13. Estelas con forma de bucráneo pertenecientes a las estructuras E-17 y E-52 del yacimiento de Serra de Mas Bonet (Rosillo et al., 2015).....	47
Figura 2.14. Planta del área excavada en el yacimiento de Plansallosa (Alcalde et al., 1991)....	49
Figura 2.15. Cova del Vidre (Roquetes, Tarragona).....	51
Figura 2.16. Localización de los yacimientos de estudio.....	53
Figura 2.17. Plantas de los tres niveles neolíticos y la distribución del material arqueológico del yacimiento de cova del Sardo (Gassiot et al., 2010).....	55
Figura 2.18. Yacimiento de Coro Trasito (Huesca).....	56
Figura 2.19. Localización de los yacimientos de estudio.....	57
Figura 2.20. Localización de los yacimientos de estudio.....	59
Figura 2.21. Fijación del CO <sub>2</sub> en plantas C3, C4 y CAM (Redibujado de Raven, 2003).....	77
Figura 2.22. Arriba: representación de la relación entre la dirección del proceso de formación del esmalte dentario y la secuencia temporal. Abajo: representación de un ciclo anual y las variaciones estacionales (Re-dibujado de Balasse et al., 2003: 208; Tornero, 2011).....	86
Figura 2.23. Formación del esmalte dentario y erupción dental del tercer molar inferior (M3) en <i>Ovis aries</i> , <i>Capra hircus</i> y <i>Bos taurus</i> (Re-dibujado de Weinreb y Sharav (1964); Silver (1969); Milhaud y Nezit (1991) y Brown et al., (1960).....	87
Figura 2.24. Molécula Tropocollagen: tres pro-collagens zurdos (rojo, verde, azul) se unen para formar un tropocollagen helicoidal triple derecho.....	89
Figura 2.25. Representación de la cadena trófica de los ecosistemas terrestre y marino (re-dibujado de Schulting, 1998).....	90

### **Capítulo 3\_ Animales domésticos y ganadería en el Noreste Peninsular durante el 5700-2500 cal ANE**

Figura 3.1. Localización de la Península Ibérica.....	97
Figura 3.2. Histograma con el %NR de las especies domésticas (SUDO: <i>Sus domesticus</i> ; BOTTA: <i>Bos taurus</i> ; OC: <i>Ovis/Capra</i> ) y el tipo de asentamiento (a) yacimientos al aire libre; b) yacimientos en cueva).....	108
Figura 3.3. Resultados del análisis de correspondencia entre las frecuencias esqueléticas representadas (%NR) de las especies domésticas ( <i>Sus domesticus</i> , <i>Bos taurus</i> , ovicaprinos) y los diferentes yacimientos analizados. (BOTTA: <i>Bos taurus</i> ; SUDO: <i>Sus domesticus</i> ; CAHI: <i>Capra hircus</i> ; OVAR: <i>Ovis aries</i> ; C: cabeza; T: tronco; EA: extremidad anterior; EP: extremidad posterior; ED: extremidad distal; RA: Reina Amalia; CF: cova del Frare; DR: La Draga; CS: Can Sadurní).....	111

Figura 3.4. Resultados del análisis de correspondencia entre las distintas edades de sacrificio de cada especie doméstica y el tipo de asentamiento (BOTA: *Bos taurus*; SUDO: *Sus domesticus*; CAHI: *Capra hircus*; OVAR: *Ovis aries*; RA: Reina Amalia; CF: Cova del Frare; DR: La Draga; CS: Can Sadurní). .....112

Figura 3.5. Resultados del análisis de correlación entre las distintas edades de matanza de cada especie doméstica y el tipo de asentamiento (BOTA: *Bos taurus*; SUDO: *Sus domesticus*; CAHI: *Capra hircus*; OVAR: *Ovis aries*; RA: Reina Amalia; CF: cova del Frare; DR: La Draga; CS: Can Sadurní).....114

#### **Capítulo 4\_ Buscando explicaciones a la variabilidad en la gestión animal a inicios del Neolítico: cuestiones de representatividad en arqueozoología**

Figura 4.1. Resultados del análisis de correspondencia (CPA). a) *Ovis aries*, b) *Capra hircus*, c) *Bos taurus*, d) *Sus domesticus*. (CS = Caserna de Sant Pau, CV = Cova del Vidre, CSP = Caserna de Sant Pau, PLS = Plansallosa, SMB = Serra de Mas Bonet, DR = La Draga).....165

Figura 4.2. Localización de los yacimientos estudiados. En negro los yacimientos terrestres, en blanco los yacimientos lacustres.....169

Figura 4.3. a) Número de especies explotadas según el intervalo cronológico, b) Número de especies explotadas según el tipo de yacimiento, c) Número de especies explotadas según la condición del yacimiento.....171

Figura 4.4. Porcentaje de las especies animales domésticas en a) yacimientos lacustres, b) yacimientos costeros y c) yacimientos fluviales.....172

Figura 4.5. Representación de las especies domésticas y silvestres en yacimientos lacustres y terrestres (para yacimientos terrestres: azul claro = animales domésticos, azul oscuro= animales silvestres; para yacimientos lacustres: morado claro = animales domésticos; morado oscuro = animales silvestres).....173





## Apéndice I

Base de datos cuantitativa de los yacimientos estudiados en esta tesis doctoral en el área del nordeste peninsular:

Situación espacio-temporal							
Yacimiento	Municipio	Comarca	Tipo de yacimiento	CR BP	CR cal BC	Rel CR	NV
Bauma de Serrat del Pont	Tortellà	La Garrotxa	Cueva	4490±70	3366-2931	LN	III.2
Bauma de Serrat del Pont	Tortellà	La Garrotxa	Cueva	4430±40	3331-2922	LN	III.3
Cova de Can Sadurní	Begues	Baix Llobregat	Cueva	-	5500-5000	EN	-
Cova de Can Sadurní	Begues	Baix Llobregat	Cueva	-	5000-4600	EN	-
Cova de Can Sadurní	Begues	Baix Llobregat	Cueva	-	4600-4200	MN	-
Cova de Can Sadurní	Begues	Baix Llobregat	Cueva	-	4200-4000	MN	-
Cova del Frare	Matadepera	Valles Occidental	Cueva	5800±130	4954-4363	EN	C5
Cova del Frare	Matadepera	Valles Occidental	Cueva	-	-	EN	C6
Caserna de Sant Pau	Barcelona	Barcelonès	Aire libre	6290±50	5372-5076	EN	-
La Draga	Banyoles	Pla de l'Estany	Aire libre	6290±70	5466-5059	EN	-
Plansallosa	Tortellà	La Garrotxa	Aire libre	5890±80	4953-4548	EN	I
Plansallosa	Tortellà	La Garrotxa	Aire libre	6130±60	5225-4854	EN	II
Serra de Mas Bonet	Vilafant	Alt Empordà	Aire libre	-	3400-2700	LN	-
Serra de Mas Bonet	Vilafant	Alt Empordà	Aire libre	-	4100-3400	MN	-
Serra de Mas Bonet	Vilafant	Alt Empordà	Aire libre	-	4900-4600	EN	-
Guixeres de Vilobí	Sant Martí Sarroca	Alt Penedès	Aire libre	-	-	EN	-
Reina Amalia	Barcelona	Barcelonès	Aire libre	5750±40	4701-4501	EN	FI
Reina Amalia	Barcelona	Barcelonès	Aire libre	-	-	EN	FII
Reina Amalia	Barcelona	Barcelonès	Aire libre	-	-	EN	FIII
Reina Amalia	Barcelona	Barcelonès	Aire libre	5620±40	4530-4361	EN	FIV

Situación espacio-temporal							<i>Bos taurus</i>	
Yacimiento	NR	NR determinados	NR det domésticos	Nr det silvestres	%DOM	%SILV	BOT A NR	BOTA %
Bauma de Serrat del Pont	1039	659	192		29,1		17	8,9
Bauma de Serrat del Pont	87	43	13		30,2		2	15,4
Cova de Can Sadurní	1086	556	397	159	71,4	28,6	12	3,0
Cova de Can Sadurní	567	219	194	25	88,6	11,4	9	4,6
Cova de Can Sadurní	936	519	467	52	90,0	10,0	35	7,5
Cova de Can Sadurní	548	238	219	19	92,0	8,0	12	5,5
Cova del Frare	1337	863	757	106	87,7	12,3	139	18,4
Cova del Frare	1041	646	637	9	98,6	1,4	99	15,5
Caserna de Sant Pau	2256	1275	1240	35	97,2	2,8	329	26,5
La Draga	17565	8952	11167		124,7		2412	21,6
Plansallosa	602	308	289	19	93,8	6,2	114	39,4
Plansallosa	325	159	148	11	93,1	6,9	70	47,3
Serra de Mas Bonet	3450	1438	1408	30	97,9	2,1	702	49,9
Serra de Mas Bonet	715	339	338		99,7		134	39,6
Serra de Mas Bonet	531	333	324		97,3		84	25,9
Guixeres de Vilobí	106	103	60	43	58,3	41,7	0	0,0
Reina Amalia	828	751	745	6	99,2	0,8	355	47,7
Reina Amalia	1702	1514	1495	19	98,7	1,3	655	43,8
Reina Amalia	502	413	407	6	98,5	1,5	220	54,1
Reina Amalia	763	632	627	5	99,2	0,8	312	49,8

Yacimiento	<i>Ovis/Capra</i>		<i>Ovis aries</i>		<i>Capra hircus</i>		Total ovicápridos		<i>Sus domesticus</i>	
	OC NR	OC %	OVAR NR	OVAR %	CAHI NR	CAHI %	Total OC	Total OC %	SUDO NR	SUDO %
Bauma de Serrat del Pont	83	43,2	0	0,0	3	1,6	86	44,8	3	1,6
Bauma de Serrat del Pont	11	84,6	0	0,0	0	0,0	11	84,6	0	0,0
Cova de Can Sadurní	303	76,3	33	8,3	26	6,5	362	91,2	22	5,5
Cova de Can Sadurní	136	70,1	17	8,8	16	8,2	169	87,1	16	8,2
Cova de Can Sadurní	255	54,6	52	11,1	43	9,2	350	74,9	75	16,1
Cova de Can Sadurní	122	55,7	22	10,0	35	16,0	179	81,7	26	11,9
Cova del Frare	396	52,3	77	10,2	25	3,3	498	65,8	117	13,6
Cova del Frare	353	54,6	35	5,5	31	4,9	419	65,8	119	18,4
Caserna de Sant Pau	410	33,1	37	3,0	265	21,4	712	57,4	199	16,0
La Draga	2500	22,4	451	4,0	468	4,2	3419	30,6	1917	17,2
Plansallosa	125	43,3	0	0,0	0	0,0	125	43,3	50	17,3
Plansallosa	53	35,8	0	0,0	0	0,0	53	35,8	25	16,9
Serra de Mas Bonet	436	31,0	54	3,8	41	2,9	531	37,7	161	11,4
Serra de Mas Bonet	161	47,6	18	5,3	14	4,1	193	57,1	11	3,3
Serra de Mas Bonet	61	18,8	9	2,8	3	0,9	73	22,5	61	18,8
Guixeres de Vilobí	60	100,0	0	0,0	0	0,0	60	100,0	0	0,0
Reina Amalia	127	17,0	18	2,4	28	3,8	173	23,2	217	29,1
Reina Amalia	320	21,4	57	3,8	36	2,4	413	27,6	427	28,6
Reina Amalia	57	14,0	8	2,0	1	0,2	89	21,9	98	24,1
Reina Amalia	135	21,5	9	1,4	29	4,6	173	27,6	160	25,5



## Apéndice II

Porcentaje de las edades de los restos de fauna procedentes de los yacimientos en aire libre y cueva estudiados.

### Can Sadurní:

<b>Ovis aries</b>		<b>Capra hircus</b>		<b>Sus domesticus</b>		<b>Bos taurus</b>	
<b>0-2 m</b>	20,0	30,0	<b>1-6 m</b>	41,2	<b>0-6 m</b>	0,0	
<b>2-6 m</b>	20,0	10,0	<b>6-12 m</b>	35,3	<b>6-24 m</b>	40,0	
<b>6-12 m</b>	30,0	20,0	<b>1-2 an</b>	5,9	<b>2-4 an</b>	40,0	
<b>1-2 an</b>	5,0	20,0	<b>2-5 an</b>	17,6	<b>4-6,5 an</b>	0,0	
<b>2-4 an</b>	10,0	10,0	<b>&gt; 5 an</b>	0,0	<b>6,5-9 an</b>	20,0	
<b>4-6 an</b>	10,0	10,0			<b>9-11,5 an</b>	0,0	
<b>&gt; 6 an</b>	5,0	0,0			<b>&gt; 11,5 an</b>	0,0	

### La Draga:

<b>Ovis aries</b>		<b>Capra hircus</b>		<b>Sus domesticus</b>		<b>Bos taurus</b>	
<b>0-2 m</b>	10,2	20,8	<b>1-6 m</b>	33,9	<b>0-6 m</b>	41,7	
<b>2-6 m</b>	23,7	20,8	<b>6-12 m</b>	28,8	<b>6-24 m</b>	37,5	
<b>6-12 m</b>	28,8	4,2	<b>1-2 an</b>	32,2	<b>2-4 an</b>	12,5	
<b>1-2 an</b>	23,7	8,3	<b>2-5 an</b>	5,1	<b>4-6,5 an</b>	8,3	
<b>2-4 an</b>	8,5	25	<b>&gt; 5 an</b>	0,0	<b>6,5-9 an</b>	0,0	
<b>4-6 an</b>	5,08	12,5			<b>9-11,5 an</b>	0,0	
<b>&gt; 6 an</b>	0,0	0,0			<b>&gt; 11,5 an</b>	0,0	

### Serra del Mas Bonet:

<b>Ovis aries</b>		<b>Capra hircus</b>		<b>Sus domesticus</b>		<b>Bos taurus</b>	
<b>0-2 m</b>	0,0	0,0	<b>1-6 m</b>	0,0	<b>0-6 m</b>	0,0	
<b>2-6 m</b>	0,0	30,0	<b>6-12 m</b>	30,0	<b>6-24 m</b>	10,0	
<b>6-12 m</b>	20,0	60,0	<b>1-2 an</b>	60,0	<b>2-4 an</b>	35,0	
<b>1-2 an</b>	40,0	10,0	<b>2-5 an</b>	10,0	<b>4-6,5 an</b>	35,0	
<b>2-4 an</b>	40,0	0,0	<b>&gt; 5 an</b>	0,0	<b>6,5-9 an</b>	10,0	
<b>4-6 an</b>	0,0				<b>9-11,5 an</b>	10,0	
<b>&gt; 6 an</b>	0,0				<b>&gt; 11,5 an</b>	0,0	

### Caserna de Sant Pau:

<b>Ovis aries</b>		<b>Capra hircus</b>		<b>Sus domesticus</b>		<b>Bos taurus</b>	
<b>0-2 m</b>	0,0	25,0	<b>1-6 m</b>	0,0	<b>0-6 m</b>	0,0	
<b>2-6 m</b>	0,0	15,0	<b>6-12 m</b>	20,0	<b>6-24 m</b>	40,0	
<b>6-12 m</b>	30,0	22,0	<b>1-2 an</b>	40,0	<b>2-4 an</b>	35,0	
<b>1-2 an</b>	15,0	14,0	<b>2-5 an</b>	40,0	<b>4-6,5 an</b>	25,0	
<b>2-4 an</b>	10,0	5,0	<b>&gt; 5 an</b>	0,0	<b>6,5-9 an</b>	0,0	
<b>4-6 an</b>	35,0	10			<b>9-11,5 an</b>	0,0	
<b>&gt; 6 an</b>	10,0	9			<b>&gt; 11,5 an</b>	0,0	

**Plansallosa:**

	<b>Ovis aries</b>	<b>Capra hircus</b>		<b>Sus domesticus</b>		<b>Bos taurus</b>
<b>0-2 m</b>	0,0	0,0	<b>1-6 m</b>	0,0	<b>0-6 m</b>	0,0
<b>2-6 m</b>	0,0	0,0	<b>6-12 m</b>	0,0	<b>6-24 m</b>	35,0
<b>6-12 m</b>	0,0	15,0	<b>1-2 an</b>	55,0	<b>2-4 an</b>	20,0
<b>1-2 an</b>	15,0	25,0	<b>2-5 an</b>	45,0	<b>4-6,5 an</b>	35,0
<b>2-4 an</b>	20,0	5,0	<b>&gt; 5 an</b>	0,0	<b>6,5-9 an</b>	10,0
<b>4-6 an</b>	30,0	30			<b>9-11,5 an</b>	0,0
<b>&gt; 6 an</b>	35,0	25			<b>&gt; 11,5 an</b>	0,0

**Cova del Vidre:**

	<b>Ovis aries</b>	<b>Capra hircus</b>		<b>Sus domesticus</b>		<b>Bos taurus</b>
<b>0-2 m</b>	0,0	0,0	<b>1-6 m</b>	25,0	<b>0-6 m</b>	0,0
<b>2-6 m</b>	15,0	10,0	<b>6-12 m</b>	40,0	<b>6-24 m</b>	40,0
<b>6-12 m</b>	35,0	15,0	<b>1-2 an</b>	25,0	<b>2-4 an</b>	35,0
<b>1-2 an</b>	15,0	30,0	<b>2-5 an</b>	10,0	<b>4-6,5 an</b>	25,0
<b>2-4 an</b>	10,0	20,0	<b>&gt; 5 an</b>	0,0	<b>6,5-9 an</b>	0,0
<b>4-6 an</b>	10,0	25			<b>9-11,5 an</b>	0,0
<b>&gt; 6 an</b>	15,0	0			<b>&gt; 11,5 an</b>	0,0

## Apéndice III

Base de datos cuantitativa de los yacimientos terrestres estudiados en esta tesis doctoral en el área mediterránea<sup>1</sup>:

N	YACIMIENTO	PAÍS	NRdet	N ESP	Tamaño			Producción					Biotopo (SILVESTRE)				Bibliografía
					MG	MM	MP	1	2	3	4	5	BO	RB	CO	OC	
1	Torre Sabea	IT	882	9	1	5	3	0	6	1	1	3	4	1	0	0	Vigne, en prensa
2	Rendina	IT	4552	13	6	5	2	0	10	1	1	3	8	0	0	0	Bökönyi, 1977-82
3	Santa Tecchia	IT	406	8	3	4	1	0	5	1	1	3	3	0	0	0	Bökönyi, 1983
4	Masseria Valente	IT	242	8	2	4	2	0	5	1	1	3	3	0	0	0	Bökönyi, 1983
5	Masseria Candelaro	IT	107	6	2	3	1	0	3	1	1	3	1	0	0	0	Bökönyi, 1983
6	Ripa Tetta	IT	146	6	1	3	2	0	3	1	1	3	1	0	0	0	Wilkens, 1987
7	Lagnano	IT	178	6	1	4	1	0	3	1	1	3	1	0	0	0	Mallory, 1984-87
8	Scaloria	IT	2157	15	5	6	4	0	12	1	1	3	9	0	0	0	Bökönyi, 1985
9	Fontana Rosa	IT	42	4	1	3	0	0	1	1	1	3	0	0	0	0	Bökönyi, 1983
10	Passo di Corvo (a+b)	IT	3039	10	1	4	5	0	7	1	1	3	4	1	0	0	Sorrentino in Tiné 1983
11	Scamusio 14-19	IT	115	5	1	3	1	0	2	1	1	3	1	0	0	0	Cassoli-Tagliacozzo, 1986
12	Latronico 3	IT	2265	17	5	4	8	1	13	1	1	3	13	0	0	0	Sorrentino, 1978 (fig. 2)
13	Grotte de l'Uzzo (10-6)	IT	1395	11	2	4	5	1	7	1	1	3	5	1	0	0	Tagliacozzo, 1993
14	Gr. Cotinenza N I	IT	545	16	4	6	6	0	12	1	1	3	11	0	0	0	Wilkens, 1987,1993
15	V. Leopardi	IT	158	7	2	3	2	0	4	1	1	3	2	0	0	0	Wilkens, 1987, 1993

<sup>1</sup> Códigos: País: IT = Italia; FR = Francia; ES = España; GR = Grecia; NRdet = Número de restos determinados; Tamaño: Mamífero grande (MG); Mamífero mediano (MM); Mamífero pequeño (MP); Producción: 1 = carne + materia prima; 2 = carne + materia prima + piel; 3 = carne + materia prima + piel + fuerza; 4 = carne + materia prima + fibras; 5 = carne + materia prima + piel + leche; Biotopo: Bosque (BO); Ribera (RB); Costa (CO); Océano (OC).

16	<b>Maddalena di Muccia</b>	IT	157	<b>13</b>	3	5	5	0	1 0	1	1	3	8	0	0	0	Wilkens, 1987, 1993
17	<b>Gr. S. Angelo I</b>	IT	94	<b>12</b>	3	4	5	0	9	1	1	3	6	1	0	0	Wilkens, 1987, 1993
18	<b>Ripabianca di M.</b>	IT	159	<b>10</b>	2	5	3	0	7	1	1	3	5	0	0	0	Wilkens, 1987, 1993
19	<b>S. Stefano</b>	IT	311	<b>11</b>	2	6	3	0	8	1	1	3	6	0	0	0	Wilkens, 1991, 1993
20	<b>Arene Candide</b>	IT	130	<b>5</b>	2	3	0	0	2	1	1	2	2	0	0	0	Rowley-Conwy, 1987, 1992
53	<b>Fontbregoua (46-48)</b>	FR	497	<b>13</b>	4	3	6	0	1 0	1	1	3	8	0	0	0	Helmer, 1979
54	<b>Combe Obscure (C6)</b>	FR	268	<b>11</b>	5	3	3	0	8	1	1	3	8	0	0	0	Helmer, 1991c
69	<b>Beaume St Michel</b>	FR	91	<b>10</b>	4	3	3	0	7	1	1	3	7	0	0	0	Helmer, comm. pers.
52	<b>Fontbregoua (39-45)</b>	FR	882	<b>14</b>	5	3	6	0	1 1	1	1	3	10	0	0	0	Helmer, 1979
55	<b>Saint Mitre C3</b>	FR	215	<b>16</b>	5	3	7	1	1 1	1	1	3	10	1	0	0	Helmer, 1979
56	<b>Fraischamp II C4</b>	FR	77	<b>10</b>	4	3	3	0	7	1	1	3	6	0	0	0	Helmer, 1979
56	<b>Fraischamp II C3</b>	FR	78	<b>8</b>	3	3	2	0	5	1	1	3	4	0	0	0	Helmer, 1979
57	<b>Gr Lombard</b>	FR	1000	<b>15</b>	6	4	5	0	1 2	1	1	3	10	0	0	0	Helmer, 1991a
58	<b>Châteauneuf/M</b>	FR	787	<b>9</b>	3	2	4	0	6	1	1	3	6	0	0	0	Ducos, 1958
59	<b>Pendimoun</b>	FR	205	<b>10</b>	3	3	4	0	7	1	1	3	7	0	0	0	Helmer, comm. pers.
60	<b>Frigouras</b>	FR	127	<b>6</b>	4	2	0	0	3	1	1	3	3	0	0	0	Helmer, 1991b
61	<b>Gr de l'Aigle</b>	FR	1178	<b>16</b>	6	4	6	0	1 3	1	1	3	11	0	0	0	Poulain, 1979
62	<b>St-Pierre de la Fage</b>	FR	2415	<b>18</b>	6	5	7	0	1 5	1	1	3	13	0	0	0	Bökönyi et Kretzoi, 19
63	<b>Camprafaud 19-18</b>	FR	733	<b>20</b>	8	5	7	0	1 7	1	1	3	15	0	0	0	Poulain, 1985
63	<b>Camprafaud 17-16</b>	FR	1447	<b>18</b>	7	4	7	0	1 5	1	1	3	12	1	0	0	Poulain, 1985
63	<b>Camprafaud 15-14</b>	FR	204	<b>10</b>	3	4	3	0	6	1	1	3	5	0	0	0	Poulain, 1985
64	<b>Jean-Cros 2c</b>	FR	269	<b>9</b>	3	4	2	1	5	1	1	3	5	0	0	0	Poulain, 1979



64	Jean-Cros 2a-b	FR	1692	14	3	4	7	1	1	1	1	3	9	0	0	0	Poulain, 1979
65	Gazel I	FR	822	16	6	4	6	0	1	1	1	3	11	0	0	0	Geddes, 1980
65	Gazel II	FR	2760	14	4	4	6	0	1	1	1	3	9	0	0	0	Geddes, 1980
65	Gazel III	FR	3331	16	6	4	6	0	1	1	1	3	11	0	0	0	Geddes, 1980
65	Gazel IV	FR	3847	15	4	4	7	0	1	1	1	3	10	0	0	0	Geddes, 1980
66	Dourgne C6	FR	875	15	5	5	5	0	1	1	1	3	11	0	0	0	Geddes, 1980
66	Dourgne C5	FR	1279	15	5	5	5	0	1	1	1	3	11	0	0	0	Geddes, 1993
108	abric de la Falguera	ES	-	5	2	0	1	0	3	0	0	0	3	0	0	0	Pérez Ripoll 2006
108	abric de la Falguera	ES	-	12	5	3	5	0	1	1	1	3	9	0	0	0	Pérez Ripoll 2006
109	Abric de Sant Gregori	ES	-	7	2	1	4	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Nadal 1998
110	Abric del Filador	ES	-	3	1	2	1	0	4	0	0	0	4	0	0	0	García-Argüelles et al. 2005
111	Abrigo de la Peña	ES	-	7	2	3	2	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Castaños 1992
111	Abrigo de la Peña	ES	-	12	3	3	5	0	1	1	1	3	10	0	0	0	Castaños 1992
112	Aizpea	ES	-	9	2	1	4	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Castaños 2001
112	Aizpea	ES	-	5	3	2	1	0	6	0	0	0	6	0	0	0	Castaños 2001
113	Alqueria de Sant Andreu	ES	-	9	3	3	3	0	6	1	1	3	4	0	0	0	Pascual et al. 2008
114	Arenaza	ES	628	10	4	5	2	0	8	1	1	3	7	0	0	0	Altuna, 1980, 2008
115	Bauma del serrat del Pont	ES	-	7	2	2	3	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Alcalde and Saña 2008
115	Bauma del serrat del Pont	ES	-	5	3	2	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	Alcalde and Saña 2008
115	Bauma del serrat del Pont	ES	-	4	2	2	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	Alcalde and Saña 2008
115	Bauma del serrat del Pont	ES	-	4	2	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	Alcalde and Saña 2008
115	Bauma del serrat del Pont	ES	-	2	1	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	Alcalde and Saña 2008
115	Bauma del serrat del Pont	ES	-	4	3	2	1	0	6	0	0	0	6	0	0	0	Alcalde and Saña 2008

115	Bauma del serrat del Pont	ES	-	9	3	4	2	0	6	1	1	3	6	0	0	0	Alcalde and Saña 2008
115	Bauma del serrat del Pont	ES	251	11	4	5	2	0	8	1	1	3	7	0	0	0	Alcalde and Saña 2008
116	Bobila Madurell	ES	-	7	1	3	3	0	4	1	1	3	3	0	0	0	Paz 1992
116	Bobila Madurell	ES	-	5	1	4	1	0	3	1	1	3	2	0	0	0	Paz 1992
117	Bolumini	ES	-	6	2	4	1	0	4	1	1	3	3	0	0	0	Guillem et al. 1992
118	Cabezo del Plomo	ES	-	7	2	2	3	0	5	0	1	2	4	0	0	0	Muñoz 1993
119	Caserna de Sant Pau	ES	-	11	2	4	3	0	6	1	1	3	5	0	0	0	Colominas et al.,2008
120	Castillejos de las Peñas de los Gitanos	ES	-	9	2	3	1	0	3	1	1	3	2	0	0	0	Ugarte 1997
121	Cingle Vermell	ES	-	12	4	3	5	0	5	0	0	0	5	0	0	0	Estevez, 1981
122	Cocina	ES	-	6	1	4	1	0	4	0	1	2	3	0	0	0	Bernabeu and Martí 1992
122	Cocina	ES	-	5	3	2	2	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Bernabeu and Martí 1992
123	Collet de Puiggros	ES	-	6	1	3	2	0	3	1	1	3	1	0	0	0	Piera et al. 2008.
124	Cova 120	ES	-	8	2	2	3	0	4	1	1	3	4	0	0	0	Agustí et al. 1987
124	Cova 120	ES	-	9	2	2	3	0	4	1	1	3	3	0	0	0	Agustí et al. 1987
125	cova de la Guineu	ES	-	4	2	4	1	0	4	1	1	3	4	0	0	0	Nadal and Estrada 2007
126	cova de la Sarsa	ES	-	9	3	3	2	0	5	1	1	3	3	0	0	0	López and Molero 1984
127	cova de les Bruixes	ES	70	9	4	3	1	0	5	1	1	3	5	0	0	0	Mesado 2005
128	cova de les Cendres	ES	-	5	3	4	1	0	5	1	1	3	3	0	0	0	Pérez Ripoll 1981
129	Cova de l'Or	ES	-	11	3	3	2	0	5	1	1	3	3	0	0	0	Pérez Ripoll 1980
130	cova de Mas Gelat	ES	-	6	4	1	1	0	6	0	0	0	6	0	0	0	Miret et al. 2006
131	Cova de Sant Martí	ES	-	12	4	3	2	0	6	1	1	3	5	0	0	0	Torregrosa and López 2004
132	cova del Bolet	ES	-	7	3	0	4	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Nadal and Estrada 2007
133	Cova del Frare	ES	-	8	2	4	2	0	5	1	1	3	3	0	0	0	Estévez and Martín 1982
134	cova del Petrolí	ES	-	5	3	4	1	0	5	1	1	3	4	0	0	0	Aguilella 2003
135	Cova do Ladrai	ES	-	4	3	2	1	0	5	0	1	2	5	0	0	0	Neves et al. 2008
136	Cova Fosca	ES	-	9	4	2	3	0	9	0	0	0	9	0	0	0	Aura and Pérez 1995
136	Cova Fosca	ES	-	15	4	5	5	0	1	1	1	3	10	0	0	0	Olària and Gusi 2008

137	<b>Cubío Redondo</b>	ES	-	<b>6</b>	2	2	2	0	6	0	0	0	6	0	0	0	Castaños 2001
138	<b>cueva Chica de Santiago</b>	ES	-	<b>8</b>	2	2	2	0	4	0	1	2	4	0	0	0	Acosta 1995
138	<b>cueva Chica de Santiago</b>	ES	-	<b>10</b>	4	2	1	0	5	0	1	2	5	0	0	0	Acosta 1995
139	<b>Cueva de Abautz</b>	ES	-	<b>15</b>	6	4	5	0	1	1	1	3	12	0	0	0	Utrilla, 1982; Sancho, 1995
140	<b>Cueva de Can Sadurní</b>	ES	-	<b>9</b>	2	3	4	0	6	1	1	3	5	0	0	0	Blasco et al. 1999
140	<b>Cueva de Can Sadurní</b>	ES	-	<b>7</b>	2	4	2	0	5	1	1	3	4	0	0	0	Blasco et al. 1999
141	<b>Cueva de Chaves</b>	ES	3245	<b>20</b>	8	4	7	0	1	1	1	3	15	0	0	0	Castaños 1983, 2004
141	<b>Cueva de Chaves</b>	ES	6097	<b>20</b>	7	3	7	0	1	1	1	3	12	0	0	0	Castaños 1983, 2004
142	<b>cueva de la Dehesilla</b>	ES	-	<b>12</b>	6	3	3	0	9	1	1	3	7	0	0	0	Boessneck and von den Driesch 1980
142	<b>cueva de la Dehesilla</b>	ES	-	<b>8</b>	2	3	1	0	3	1	1	3	2	0	0	0	Boessneck and von den Driesch 1980
142	<b>cueva de la Dehesilla</b>	ES	-	<b>9</b>	5	4	3	0	9	1	1	3	7	0	0	0	Boessneck and von den Driesch 1980
143	<b>Cueva de la Vaquera</b>	ES	-	<b>9</b>	4	3	1	0	5	1	1	3	4	0	0	0	Morales and Martín 2003
143	<b>Cueva de la Vaquera</b>	ES	-	<b>7</b>	2	4	3	0	7	0	1	2	7	0	0	0	Morales and Martín 2003
143	<b>Cueva de la Vaquera</b>	ES	-	<b>11</b>	5	4	2	0	8	1	1	3	6	0	0	0	Morales and Martín 2003
144	<b>cueva del Calor</b>	ES	-	<b>4</b>	1	3	0	0	1	1	1	3	0	0	0	0	Martínez 1991
145	<b>Cueva del Mirador</b>	ES	-	<b>9</b>	2	2	4	0	6	0	1	2	5	0	0	0	Martín et al. 2009
145	<b>Cueva del Mirador</b>	ES	-	<b>6</b>	3	2	2	0	5	0	1	2	5	0	0	0	Martín et al. 2009
146	<b>Cueva del Moro</b>	ES	289	<b>13</b>	7	4	3	0	1	1	1	3	11	0	0	0	Castaños 1991
146	<b>Cueva del Moro</b>	ES	-	<b>8</b>	4	4	1	0	6	1	1	3	5	0	0	0	Castaños 1991
147	<b>cueva del Nacimiento</b>	ES	-	<b>9</b>	4	4	0	0	5	1	1	3	5	0	0	0	Asquerino and López 1981
148	<b>cueva del Toro</b>	ES	-	<b>5</b>	1	3	1	0	2	1	1	3	1	0	0	0	Corvalán 1992
148	<b>cueva del Toro</b>	ES	-	<b>7</b>	2	4	2	0	5	1	1	3	4	0	0	0	Corvalán 1992
149	<b>cueva dels Blaus</b>	ES	-	<b>10</b>	5	2	3	0	1	0	0	0	10	0	0	0	Aura and Pérez 1995

150	<b>El Mirón</b>	ES	-	<b>6</b>	1	3	0	0	2	0	1	2	1	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2009
150	<b>El Mirón</b>	ES	-	<b>5</b>	1	2	0	0	1	0	1	2	1	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2009
150	<b>El Mirón</b>	ES	-	<b>4</b>	1	4	0	0	3	0	1	2	2	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2009
150	<b>El Mirón</b>	ES	-	<b>7</b>	1	3	0	0	2	0	1	2	1	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2009
150	<b>El Mirón</b>	ES	-	<b>5</b>	2	3	0	0	3	0	1	2	2	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2009
150	<b>El Mirón</b>	ES	-	<b>7</b>	3	5	0	0	6	0	1	2	5	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2009
151	<b>el Retamar</b>	ES	-	<b>9</b>	4	5	3	0	9	1	1	3	7	0	0	0	Caceres 2002
152	<b>Ereta del Pedregal</b>	ES	-	<b>12</b>	5	6	2	0	9	1	1	3	8	0	0	0	Perez Ripoll, 1990
153	<b>Espluga de la Puyascada</b>	ES	-	<b>6</b>	3	5	0	0	5	1	1	3	4	0	0	0	Castaños 1984
154	<b>Fuente de Isso</b>	ES	-	<b>12</b>	5	4	2	0	7	1	1	3	5	0	0	0	Atienzar 2010
155	<b>Fuente Hoz</b>	ES	-	<b>7</b>	2	4	0	0	4	0	1	2	4	0	0	0	Mariezkurrena 1983
156	<b>Guixeres de Vilobí</b>	ES	-	<b>6</b>	2	2	2	0	4	0	1	2	4	0	0	0	Miró 1992
157	<b>Herriko Barra</b>	ES	-	<b>8</b>	3	0	2	1	4	0	0	0	5	0	0	0	Mariezkurrena and Altuna 1995
158	<b>Kanpanoste</b>	ES	-	<b>8</b>	3	3	2	0	8	0	0	0	8	0	0	0	Castaños 1998
158	<b>Kanpanoste</b>	ES	-	<b>2</b>	4	0	0	0	3	1	0	1	3	0	0	0	Castaños 1998
159	<b>Kobaederra</b>	ES	1096	<b>17</b>	5	5	7	0	1	1	1	3	12	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2009
159	<b>Kobaederra</b>	ES	152	<b>5</b>	2	2	0	0	1	1	1	3	1	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2009
160	<b>La Balma de la Font Voltada</b>	ES	-	<b>7</b>	3	1	3	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Nadal 1998
161	<b>La Balma de Guilanyà</b>	ES	-	<b>6</b>	3	2	2	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Parcerisas et al. 2003
162	<b>La Balma de la Griera</b>	ES	-	<b>5</b>	3	0	2	0	5	0	0	0	5	0	0	0	Nadal 1998
163	<b>La Balma del Gai</b>	ES	-	<b>3</b>	0	1	2	0	3	0	0	0	3	0	0	0	García-Argüelles et al. 2009
164	<b>La Cova del Parco</b>	ES	-	<b>5</b>	4	0	1	0	5	0	0	0	5	0	0	0	Mangado 2009
165	<b>La Dou</b>	ES	-	<b>5</b>	3	5	1	0	6	1	1	3	5	0	0	0	Alcalde and Saña 2009
166	<b>La Fragua</b>	ES	-	<b>6</b>	2	3	2	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2009
167	<b>la Lampara</b>	ES	-	<b>9</b>	4	3	2	0	5	1	1	3	5	0	0	0	Rojo-Guerra et al. 2008
168	<b>La Loma del Lomo</b>	ES	-	<b>10</b>	3	4	3	0	7	1	1	3	6	0	0	0	Valiente 2003
169	<b>La Renke</b>	ES	469	<b>9</b>	3	3	1	0	4	1	1	3	3	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2001

170	<b>la Revilla</b>	ES	-	<b>7</b>	4	5	1	0	7	1	1	3	6	0	0	0	Rojo-Guerra et al. 2008
171	<b>Lagrimal</b>	ES	-	<b>4</b>	2	1	1	0	4	0	0	0	4	0	0	0	Soler and Perez 1991
171	<b>Lagrimal</b>	ES	-	<b>5</b>	3	3	1	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Soler and Perez 1991
172	<b>Lapa do Picareiro</b>	ES	-	<b>4</b>	3	0	1	0	4	0	0	0	4	0	0	0	Bicho et al. 2003
172	<b>Lapa do Picareiro</b>	ES	-	<b>4</b>	2	2	1	0	5	0	0	0	5	0	0	0	Bicho et al. 2003
173	<b>Los Barruecos</b>	ES	-	<b>6</b>	1	3	2	0	3	1	1	3	2	0	0	0	Cerrillo 2006
173	<b>Los Barruecos</b>	ES	-	<b>6</b>	3	5	2	0	7	1	1	3	6	0	0	0	Cerrillo 2006
173	<b>Los Barruecos</b>	ES	-	<b>6</b>	1	3	2	0	3	1	1	3	2	0	0	0	Cerrillo 2006
176	<b>Los Cascajos</b>	ES	317	<b>7</b>	4	4	1	0	6	1	1	3	4	0	0	0	Morales and Martín 2003
176	<b>Los Cascajos</b>	ES	1084	<b>12</b>	3	3	3	0	6	1	1	3	4	0	0	0	Morales and Martín 2003
175	<b>Los Gitanos</b>	ES	202	<b>8</b>	2	2	2	0	3	1	1	3	3	0	0	0	Ontañón 2005
174	<b>Los Husos</b>	ES	155	<b>8</b>	4	4	0	0	5	1	1	3	4	0	0	0	Altuna, 1980
177	<b>Malladetes</b>	ES	-	<b>4</b>	2	1	1	0	4	0	0	0	4	0	0	0	Aura and Pérez 1995
178	<b>Marizulo</b>	ES	-	<b>4</b>	2	3	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	Altuna 1967
178	<b>Marizulo</b>	ES	-	<b>7</b>	1	4	1	0	4	0	1	3	3	0	0	0	Altuna 1967
178	<b>Marizulo</b>	ES	-	<b>6</b>	2	5	0	0	5	0	1	2	5	0	0	0	Altuna 1967
179	<b>Mazaculos II</b>	ES	-	<b>6</b>	3	2	1	0	6	0	0	0	6	0	0	0	Marín and González Morales 2009
179	<b>Mazaculos II</b>	ES	-	<b>11</b>	4	4	1	0	6	1	1	3	6	0	0	0	Marín and González Morales 2009
180	<b>Mendandia</b>	ES	-	<b>7</b>	2	2	1	0	5	0	0	0	5	0	0	0	Castaños 2006
180	<b>Mendandia</b>	ES	306	<b>9</b>	4	1	2	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Castaños 2006
180	<b>Mendandia</b>	ES	-	<b>14</b>	5	1	6	0	1	0	0	0	12	0	0	0	Castaños 2006
181	<b>Minas de Can Tintorer</b>	ES	-	<b>4</b>	1	3	0	0	1	1	1	3	0	0	0	0	Estévez 1986
182	<b>Molí de Salt</b>	ES	-	<b>2</b>	0	1	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	Vaquero 2004
182	<b>Molí de Salt</b>	ES	-	<b>3</b>	1	1	1	0	3	0	0	0	3	0	0	0	Vaquero 2004
183	<b>Nerja</b>	ES	-	<b>12</b>	4	4	3	0	9	0	1	2	8	0	0	0	Aura et al. 2002; Aura and Pérez 1995
183	<b>Nerja</b>	ES	-	<b>6</b>	3	1	2	0	6	0	0	0	6	0	0	0	Aura et al. 2002; Aura and Pérez 1995

183	<b>Nerja</b>	ES	-	<b>8</b>	1	4	3	0	5	1	1	3	3	0	0	0	Aura et al. 2002; Aura and Pérez 1995
183	<b>Nerja</b>	ES	-	<b>7</b>	2	4	2	0	5	1	1	3	3	0	0	0	Aura et al. 2002; Aura and Pérez 1995
183	<b>Nerja</b>	ES	-	<b>8</b>	4	4	1	0	6	1	1	3	5	0	0	0	Aura et al. 2002; Aura and Pérez 1995
184	<b>Pala da Vella</b>	ES	-	<b>9</b>	3	4	3	0	7	1	1	3	6	0	0	0	Antones 1995
185	<b>Parralejo</b>	ES	-	<b>11</b>	3	4	4	0	8	1	1	3	6	0	0	0	Boessneck and von den Driesch 1980
185	<b>Parralejo</b>	ES	-	<b>14</b>	5	5	5	0	1 2	1	1	3	10	0	0	0	Boessneck and von den Driesch 1980
186	<b>Peña Larga</b>	ES	362	<b>12</b>	5	4	3	0	9	1	1	3	7	0	0	0	Castaños 1997
187	<b>Plansallosa</b>	ES	-	<b>7</b>	2	5	0	0	4	1	1	3	3	0	0	0	Saña 1998
187	<b>Plansallosa</b>	ES	-	<b>7</b>	3	3	1	0	4	1	1	3	2	0	0	0	Saña 1998
188	<b>Pou Nou 2</b>	ES	-	<b>5</b>	3	2	0	0	2	1	1	3	2	0	0	0	Nadal 1993
188	<b>Pou Nou 3</b>	ES	-	<b>7</b>	3	2	1	0	3	1	1	3	2	0	0	0	Nadal 1993
189	<b>Santa Maira</b>	ES	-	<b>7</b>	2	3	2	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Aura and Pérez 1995
189	<b>Santa Maira</b>	ES	-	<b>7</b>	3	2	2	0	7	0	0	0	7	0	0	0	Aura and Pérez 1995
190	<b>Santa Maria dels Horts</b>	ES	-	<b>7</b>	3	2	2	0	4	1	1	3	3	0	0	0	Aura and Pérez 1995
191	<b>Teso del Moral</b>	ES	-	<b>8</b>	3	4	1	0	5	1	1	3	4	0	0	0	Lopez et al. 2009
192	<b>Timba del Barenys</b>	ES	-	<b>7</b>	3	3	1	0	4	1	1	3	3	0	0	0	Miró et al. 1992
193	<b>Tossal de la Roca</b>	ES	-	<b>6</b>	2	2	2	0	6	0	0	0	6	0	0	0	Aura and Pérez 1995
193	<b>Tossal de la Roca</b>	ES	-	<b>11</b>	4	2	4	0	1 0	0	0	0	10	0	0	0	Aura and Pérez 1995
194	<b>Vale Boi</b>	ES	-	<b>9</b>	1	2	2	0	3	1	1	2	3	0	0	0	Carvalho et al. 2008
195	<b>Velderpino</b>	ES	-	<b>8</b>	5	4	0	0	6	1	1	3	5	0	0	0	Morales 1977
196	<b>Zatoya</b>	ES	-	<b>12</b>	4	3	5	0	1 2	0	0	0	12	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2001
196	<b>Zatoya</b>	ES	-	<b>15</b>	4	1	6	0	1 1	0	0	0	11	0	0	0	Altuna and Mariezkurrena 2001
74	<b>Ansfelden-Burgwiese</b>	AU	33	<b>6</b>	3	3	1	1	3	1	1	3	3	0	0	0	Imperiale 2011

74	<b>Ansfelden-Burgwiese</b>	AU	310	<b>13</b>	5	4	4	1	9	1	1	3	9	0	0	0	Imperiale 2011
74	<b>Ansfelden-Burgwiese</b>	AU	534	<b>10</b>	3	4	4	1	7	1	1	3	5	1	0	0	Imperiale 2011
75	<b>Leonding</b>	AU	33	<b>7</b>	5	3	2	1	7	1	1	3	7	0	0	0	Imperiale 2011
75	<b>Leonding</b>	AU	31	<b>11</b>	5	4	4	1	1	1	1	3	8	1	0	0	Imperiale 2011
76	<b>Mondsee</b>	AU	5124	<b>25</b>	7	4	11	1	1	1	1	3	14	3	0	0	Imperiale 2011
77	<b>Obergrünburg</b>	AU	38	<b>6</b>	4	4	1	1	5	1	1	3	5	0	0	0	Imperiale 2011
78	<b>Oelkam</b>	AU	3476	<b>16</b>	4	3	7	1	1	1	1	3	7	3	0	0	Imperiale 2011
79	<b>Paura en Traun barn</b>	AU	121	<b>7</b>	4	2	2	1	5	0	1	2	5	1	0	0	Imperiale 2011
80	<b>Sonnbichl</b>	AU	26	<b>4</b>	4	4	2	1	7	1	1	3	6	0	0	0	Imperiale 2011
81	<b>Unterach - Misling II</b>	AU	520	<b>13</b>	3	5	5	1	9	1	1	3	7	1	0	0	Imperiale 2011
82	<b>Weyregg</b>	AU	29	<b>7</b>	2	4	2	1	4	1	1	3	4	0	0	0	Imperiale 2011
83	<b>Baierdorf</b>	AU	67	<b>8</b>	4	4	2	1	5	1	1	3	5	1	0	0	Imperiale 2011
84	<b>Falkenstein-Schanzboden</b>	AU	1985	<b>14</b>	5	4	5	1	1	1	1	3	8	1	0	0	Imperiale 2011
85	<b>Frauenhofen</b>	AU	178	<b>12</b>	6	4	4	1	9	1	1	3	8	1	0	0	Imperiale 2011
86	<b>Friebritz-Sur</b>	AU	8923	<b>22</b>	7	4	9	1	1	1	1	3	12	3	0	0	Imperiale 2011
87	<b>Kamegg</b>	AU	554	<b>18</b>	6	4	8	1	1	1	1	3	10	3	0	0	Imperiale 2011
88	<b>Melk-Winder</b>	AU	2206	<b>20</b>	6	4	9	1	1	1	1	3	12	2	0	0	Imperiale 2011
89	<b>Potzneusiedl</b>	AU	1967	<b>13</b>	3	3	3	1	5	1	1	3	4	0	0	0	Imperiale 2011
90	<b>Zwingen</b>	SZ	333	<b>3</b>	2	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	Büttiker et Nussbaumer 1986
91	<b>Birsmatten 2 +1</b>	SZ	894	<b>3</b>	2	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	Büttiker et Nussbauer 1986
92	<b>Château d'Oex</b>	SZ	145	<b>3</b>	2	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	Crotti P. et Pignat G. 1993
93	<b>Freymond 4b</b>	SZ	7	<b>2</b>	1	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	Chaix L. et Fischer inédit
94	<b>Liesbergmühle 6</b>	SZ	647	<b>3</b>	2	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	Stampfli H.- P. 1980
95	<b>Schötz 7</b>	SZ	3145	<b>3</b>	2	1	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	Stampfli H.-P. 1979

96	<b>Petit-Chasseur I</b>	SZ	387	<b>6</b>	3	3	2	0	5	1	1	3	3	1	0	0	Chaix 1988
97	<b>Grandson</b>	SZ	597	<b>12</b>	3	4	5	1	8	1	1	3	7	1	0	0	Chaput 2001



Base de datos cuantitativa de los yacimientos lacustres estudiados en esta tesis doctoral en el área mediterránea:

	YACIMIENTO	PAÍS	NRdet	N ESP	Tamaño			Producción					Biotop (SILVESTRE)				
					MG	MM	MP	1	2	3	4	5	BO	RB	CO	OC	
98	Arbon Bleiche 3	SZ	22150	12	5	3	4	0	7	1	1	3	6	1	0	0	Röder et al 2003
22	Marmotta	IT	1271	16	4	4	8	1	11	1	1	3	10	1	0	0	Tagliacozzo 2005
73	Dispilio	GR	1008	10	3	4	1	0	6	1	1	3	4	0	0	0	Phoca-Cosmetatou 2008
67	Motte aux Magnins	FR	1631	20	7	4	8	1	17	1	1	3	14	1	0	0	Chaix, L 1986
107	La Draga	ES	6075	15	4	5	6	0	12	1	1	3	10	0	0	0	Antolín (in press)
	Pont-de-Thielle	SZ	693	8	2	4	2	0	5	1	1	3	3	1	0	0	Chaix, L 1977
	Muntelier/Fischergässli	SZ	1896	12	4	4	4	0	9	1	1	3	7	0	0	0	Morel, P
	Grandson	SZ	597	10	2	4	3	1	5	1	1	3	4	1	0	0	Chaput 2001
	Fräkenröningen	SZ	8244	12	3	4	4	0	10	0	0	0	6	2	0	1	Olson 2011
99	Châble-Perron I-II	SZ	204	7	3	4	1	0	5	1	1	3	3	0	0	0	Chaix 1976
100	Yvonand III	SZ	225	7	3	3	1	0	4	1	1	3	3	0	0	0	Chaix 1976
101	Portalban/Les Grèves	SZ	3650	17	5	5	8	0	15	1	1	3	10	2	0	0	Chaix 1983
102	Schützenmatt	SZ	298	5	2	4	1	0	4	1	1	3	2	0	0	0	Chaix 1989
68	Chalain (station 3)	FR	14608	22	9	3	12	1	20	1	1	3	15	2	0	0	Arbogast 1997
	Leucate-Corrège	FR	147	12	2	5	5	2	8	1	1	3	5	2	1	0	Geddes 1984
103	Zürick/Kleiner Hafner	SZ	6203	23	7	5	11	2	18	1	1	3	14	3	1	0	Doppler 2007
104	Egolzwil 3	SZ	2175	24	8	5	9	1	18	1	1	3	15	2	0	0	Doppler 2007
	Stansstad-Kehrsiten	SZ	270	9	3	5	2	0	7	1	1	3	5	1	0	0	Hügi 2006
105	Auvernier NA	SZ	38	9	3	3	3	1	6	1	1	2	5	0	0	0	Josien 1955
105	Auvernier NM	SZ	44	13	5	4	4	1	9	1	1	3	8	0	0	0	Josien 1955
105	Auvernier NF	SZ	78	16	6	4	6	1	12	1	1	3	10	1	0	0	Josien 1955
106	Twann	SZ	64351	28	9	6	12	2	22	1	1	3	19	2	1	0	Doppler 2007

## Agraïments personals

*“Siempre voy a tenerte que agradecer que hayas sido conmigo tan embustera...”* Companya de moltes hores de vida, companya de viatges solitaris, viatges lents i ràpids, trens equivocats, vols cancel·lats, museus tènues i brillants. Companya a l'altra part de l'Atlàntic, llargues i curtes estades, dormint poc i vivint molt.

Tu i jo, jo i tu, intentant entendre't, intentant comprendre't. Hem après a conviure, a viure. Dies eterns, grisos, tu i jo entre aquelles quatre parets privades de finestres ara desaparegudes. Estius, hiverns, però principalment estius marcats pel sol, la pluja i la terra. Difícil interpretació.

Ucors i ratafia, calissons, dremel(s), centrífugues, tubs i paraules de difícil pronunciació. Moments viscuts sota la intensa mirada d'escrits sense sentit, escrits que demanaven lògica, dialèctica i cautela. Minuts que es convertien en hores, hores en minuts.

Inflexió, deliri, insomni. Recorreguts interminables per altes muntanyes. Esperances truncades però sempre amb el somriure i les forces de l'Ester i la Lourdes, a qui mai els hi podrem agrair tant del que van fer per nosaltres. Aquelles rialles infinites i la seua empenta al principi de tota aquesta bogeria amb l'equip de la Draga, mil gràcies al Rafa, Igor, Xavi, Irene, Jordi, Oriol, Ferran, Toni, Raquel... Hem après a gaudir dels petits moments al voltant d'una cafetera revivint històries viscudes amb els millors companys i amics, gràcies a la Valentina per acompanyar-me en els moments més difícils, a la Violeta per la seua alegria i confiança, a la Judit per fer somriures de les situacions més complexes, a l'Àngel per recordar-me tots els dies qui som, al Roger per la seua senzillesa, al Christian pel seu recolzament incondicional, al Javi per totes les hores, dies i nits intentant arreglar el món, a la Elo per fer positius tots els moments negatius, al Robert per aquests somriures infinites i al Rubén per la seua lluita continua. I com no, a la gent del laboratori d'Arqueozoologia i del Departament de Prehistòria per tot el seu recolzament.

Hipòtesi, confusió, incertesa. Sempre disposades a les observacions més enrevessades. Hem après la insistència, la lluita, la desobediència. Cada dia el millor somriure, forces infinites per completar aquest cicle i aquesta trajectòria enrevessada que compartim, ser nosaltres, gràcies Albert.

Dolces sensacions encobertes de desitjos, idees a deshora, finals i principis i llargues hores d'espera. Ens van dir que la paciència tenia que ser la nostra aliada, i ens van ensenyar l'esforç i el sacrifici per aconseguir els nostres objectius. Per tancar aquest cicle. Ara ens veiem reflectides en ells, en els meus pares, en la meua família. Gràcies per ensenyar-me a no fugir en les situacions cobertes per matisos negres. No podria tancar aquest cicle sense agrair a les persones que sempre han estat presents des de que va començar aquesta aventura i que, encara amb kilòmetres de distància no hi havia dia que passarà sense mostrar el seu suport, la seua cordura davant de situacions inexplicables. Maria, Carolina, Emi, Jessica, Miriam, Elisa i Cristina per totes les hores que han sigut minuts. Gràcies també a la paciència infinita d'Hèctor, Ana i Olga. I per acabar, gràcies Maria, Gabi i Berta per totes les hores invertides en aquest projecte, recolzant aquesta bogeria d'aventura, gràcies per la vostra dedicació.

Eterna companya.

