



**DIVERSIDAD CON MICROMAMÍFEROS  
DE LA SIMA DEL ELEFANTE  
(ATAPUERCA, BURGOS)**



Autora | María Melero Rubio



Área de Paleontología

Departamento de Ciencias de la Tierra

Universidad de Zaragoza

# **DIVERSIDAD CON MICROMAMÍFEROS DE LA SIMA DEL ELEFANTE (ATAPUERCA, BURGOS)**

Trabajo fin de Máster de Iniciación a la Investigación en Geología

Autora: María Melero Rubio

Tutora: Dra. Gloria Cuenca Bescós

Año 2008

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
1.1	OBJETIVOS	3
1.2	IMPORTANCIA DE LOS MICROMAMÍFEROS	4
1.3	FORMACIÓN DE UN YACIMIENTO DE MICROMAMÍFEROS	5
1.4	ANTECEDENTES	6
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>7</b>
2.1	TRABAJO DE CAMPO	7
2.2	TRABAJO DE LABORATORIO	9
2.3	ANÁLISIS CUANTITATIVOS	10
<b>3</b>	<b>LA SIERRA DE ATAPUERCA</b>	<b>13</b>
3.1	SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA	13
3.2	EL KARST DE LA SIERRA DE ATAPUERCA	14
3.3	LA SIMA DEL ELEFANTE (TE)	15
3.4	IMPORTANCIA DE LA SIMA DEL ELEFANTE	16
3.5	ESTRATIGRAFÍA	16
3.6	CRONOLOGÍA	18
<b>4</b>	<b>SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA</b>	<b>19</b>
4.1	CLASE MAMMALIA Linnaeus, 1758	20
4.1.1	ORDEN SORICOMORPHA Gregory, 1910	20
4.1.2	ORDEN CHIROPTERA Blumenbach, 1779	25
4.1.3	ORDEN RODENTIA Bowdich, 1821	26
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>30</b>
5.1	CÁLCULO DEL NMI	31
5.2	HÁBITATS Y SU EVOLUCIÓN EN LA SIMA DEL ELEFANTE	32
5.3	ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD	39
<b>6</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>46</b>

# 1 INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos de la investigación realizada como parte del desarrollo del Máster de iniciación a la investigación en Geología. Se estudian los restos de microvertebrados (insectívoros, quirópteros y roedores) del yacimiento arqueo-paleontológico de la Sima del Elefante, localizado en la Sierra de Atapuerca (Burgos). Con este estudio se pretende realizar una aproximación al paleoambiente de la Sierra durante el Pleistoceno Inferior. Para ello se han analizado un total de 1.548 individuos de diferentes especies obtenidos tras un costoso proceso de lavado-tamizado, triado y diferentes tratamientos, de los cuales se hablará más adelante.

El estudio de la microfauna en los yacimientos pleistocenos de la Sierra de Atapuerca forma parte de un estudio multidisciplinar que incluye campos diversos: estudios geológicos, arqueostratigráficos, estudios de arqueología del territorio y pinturas rupestres, estudio de cerámicas y metales, desgaste dental y dieta, genética, geocronología, materias primas, micromorfología de suelos, paleoecología, paleontología de vertebrados (aves, carnívoros, herbívoros), paleontología humana, palinología y restos botánicos, patología de homínidos, tafonomía, topografía, tecnología lítica, zooarqueología...así que podemos decir que la microfauna es sólo una pequeña pieza pero de gran importancia para establecer la cronología, correlacionar yacimientos y establecer interpretaciones paleoambientales y paleoclimáticas, en un intento de reconstruir el paisaje donde los primeros europeos vivían.

Sabemos ahora que los primeros humanos llegaron a Europa mucho antes de lo que en un principio se creía. En la Sierra de Atapuerca existen vestigios de su actividad ya en el Pleistoceno Inferior. Es en el Pleistoceno, sobretodo en el último millón de años donde se produjeron grandes enfriamientos, conocidos como glaciaciones, que propiciaban el avance de las masas de hielo en el Hemisferio Norte. La localización singular de la Península Ibérica, con una latitud más bien baja, hace que aún hoy desconozcamos las consecuencias de estos enfriamientos y de cómo afectaron a los ecosistemas y en la vida humana. Es por estos interrogantes que todavía quedan acerca de la evolución del hombre lo que hace del estudio del Cuaternario una disciplina de gran interés, no sólo para la comunidad científica sino para el público en general.

Presento aquí, por tanto, mi pequeña contribución al estudio del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca, consciente de que *“un grano no hace granero”*.

## 1.1 OBJETIVOS

Los objetivos de la investigación realizada son:

- 1) Análisis taxonómico de las especies de micromamíferos, a partir de elementos diagnósticos, de los niveles del Pleistoceno Inferior de la Sima del Elefante.
- 2) Cálculo del número mínimo de individuos (NMI) de cada una de las especies y en cada uno de los niveles del yacimiento.
- 3) Análisis de la evolución de la asociación faunística y su hábitat a lo largo del tiempo comprendido en los niveles de la Sima del Elefante.
- 4) Cálculo de los índices de diversidad y dominancia de las especies.
- 5) Planteamiento de una posible reconstrucción del paleoambiente del Pleistoceno Inferior en la Sierra de Atapuerca, en base a la evolución de la asociación de micromamíferos.

Con estos objetivos las dificultades y limitaciones que han surgido durante el transcurso de la investigación no han sido pocas. Por una parte está la gran riqueza de especies de micromamíferos de la Sima del Elefante. De la lista faunística propuesta por Cuenca-Bescós & García (2007) para los niveles inferiores de la Sima del Elefante, sólo se han diferenciado 7 especies y en muchos casos sólo han podido establecerse a nivel de género (11) algunos insectívoros y quirópteros. Los lagomorfos no han sido identificados. Para el caso de los roedores, y en concreto los arvicolininos, algunas especies propuestas no han sido identificadas durante la realización de este trabajo, además se ha decidido agrupar dos especies (*A. burgondie-lavocati*) debido a la gran dificultad que entraña su diferenciación ya que son muy similares.

Por otro lado, existe un sesgo de información acerca del agente de acumulación, que en el caso de microvertebrados se trata, generalmente de un depredador. Los estudios tafonómicos que actualmente desarrollan otros compañeros podrán aclarar si la muestra estudiada es representativa de los micromamíferos que habitaban la Sierra de Atapuerca durante el Pleistoceno Inferior.

Además de todo lo citado anteriormente, está la dificultad añadida de que la mayoría de las especies halladas son especies ya extintas y por lo tanto las interpretaciones ecológicas que se intentaran establecer deberán ser tenidas en cuenta con suma precaución.

## **1.2 IMPORTANCIA DE LOS MICROMAMÍFEROS**

Generalmente el estudio de restos de mamíferos se ha dirigido, principalmente, hacia el estudio de mamíferos de gran tamaño debido a que sus restos son fácilmente visibles. Sin embargo el interés por los micromamíferos no ha dejado de aumentar desde hace ya más de medio siglo. Este creciente interés se debe principalmente a dos hechos. Por un lado, los micromamíferos suelen aparecer en gran abundancia lo que los hace objetivo de estudios sistemáticos de poblaciones. Además suelen estar presentes en la mayoría de los yacimientos pleistocenos. Dentro de los pequeños mamíferos, son los Roedores e Insectívoros los que nos aportan más información. Esto es debido a su rápida evolución y la adaptación tan especializada que presentan a medios y condiciones climáticas precisas. Su amplia distribución geográfica y la presencia en casi todo tipos de terrenos los hacen elementos excelentes para el establecimiento de correlaciones a escala de todo el Hemisferio Norte (Eurasia-América del Norte) (Chaline, 1972).

Por tanto la bioestratigrafía de medios continentales se realiza principalmente con el estudio de los roedores. Estos pequeños mamíferos tienen su origen en el Paleoceno (60 Ma.) y se caracterizan por tener altas tasas evolutivas, además su cosmopolitismo y su gran facilidad y rapidez de diversificación, hace que los micromamíferos se sitúen en una posición privilegiada como marcadores y herramientas fundamentales de correlación bioestratigráfica como ya hemos comentado (Cuenca-Bescós et al., 1998).

Durante el Cuaternario, los rápidos y significativos cambios climáticos que tienen lugar acentúan los cambios evolutivos de los roedores durante este período de tiempo, convirtiéndose en imprescindibles para la datación de los sedimentos y por tanto en la correlación de los yacimientos con homínidos fósiles e industria humana (Lavocat, 1956; Chaline, 1971; Repenning y Fejfar, 1982; Carbonell et al., 1995), así como en las reconstrucciones paleambientales del entorno donde vivían los homínidos (Bishop, 1982; Andrews, 1990a, b).

Como hipótesis de trabajo, supondremos que los roedores evolucionan a un ritmo rápido, gradual y más o menos constante, especialmente durante el Cuaternario. Los cambios que se producen como consecuencia de la evolución son perceptibles en su morfología, y en el caso de los roedores en la dentición. La evolución de las poblaciones y de las especies puede observarse y calibrarse con estos cambios que se producen en la dentición a lo largo de una secuencia estratigráfica (Cuenca-Bescós et al., 1998)

Además el pequeño tamaño de los micromamíferos, y de los microvertebrados en general, así como la alta tasa metabólica de algunos de ellos, como las musarañas por ejemplo, les hacen muy sensibles a las condiciones climáticas y presentan un mayor número de requerimientos a la hora de elegir su hábitat. Los cambios climáticos les pueden obligar a migrar a otras zonas (Guillem, 1995a).

Como plantean Chaline & Alcalde, 1983, los micromamíferos, presentan un valor triple en el estudio de los yacimientos arqueológicos. Por un lado son importantes como marcadores bioestratigráficos, permitiendo establecer una cronología relativa, además son buenos indicadores paleoecológicos debido a su baja movilidad, cuando existe un cambio ambiental sus alternativas son la adaptación o la extinción. Por último los microvertebrados tienen un valor evolutivo, podemos estudiar su evolución a lo largo de una serie estratigráfica.

Podemos añadir un cuarto valor de carácter paleoetnográfico, podemos conocer las épocas de frecuentación del yacimiento por rapaces y la época de frecuentación del yacimiento por humanos, o bien la división espacial de la cueva en zonas más frecuentadas y zonas más marginales (Alcalde, 1988).

### **1.3 FORMACIÓN DE UN YACIMIENTO DE MICROMAMÍFEROS**

Cuatro órdenes de mamíferos son los que comprenden a los micromamíferos: insectívoros, quirópteros, roedores y lagomorfos. Se les llama micromamíferos por su pequeño tamaño, aunque incluyen también a otros de mayor tamaño como la marmota, el castor o el puercoespín (Chaline, 1972). La acumulación de sus restos fósiles puede producirse en todo tipo de yacimientos, pero son más numerosos en sedimentos de cuevas. Esta acumulación puede producirse por diferentes aportes (Andrews, 1990):

- 1) Restos de habitantes bien temporales o permanentes de la cueva, es el caso de los murciélagos.
- 2) Trampas naturales
- 3) Animales o restos de ellos introducidos por predadores/carroñeros/recolectores.
- 4) Cadáveres y elementos desarticulados transportados al interior de la cueva por agentes físicos-geológicos (flujos de agua, coladas de barro...)

En el caso de la Sima del Elefante y en los yacimientos de Atapuerca en general, la alta acumulación de restos de microvertebrados y las marcas de digestión apuntan a una acumulación producida por la acción de rapaces. Éstas engullen a sus presas por completo y tras digerir las partes blandas en el estómago, regurgitan las partes no digeribles (pelo, huesos...) en forma de bolas llamadas egagrópilas. Esta deposición de la rapaz suele repetirse de manera continuada en el mismo lugar (reposadero) que con frecuencia es el interior de cuevas y cavidades (Fernández-Jalvo, 1992, Bennàsar, 2005).

## 1.4 ANTECEDENTES

Los yacimientos españoles del Pleistoceno Inferior no son muy numerosos, a la Sima del Elefante y Gran Dolina se suman otros de relevancia como los situados en Orce (Granada): Barranco León y Fuente Nueva-3, el yacimiento de Huéscar-1 y Venta Micena en la depresión Guadix-Baza, Quibas y Cueva Victoria en Murcia, Casablanca-1-Almenara en Castellón o Bagur-2 en Girona, son algunos de los yacimientos más conocidos (Fig. 1).



**Fig.1:** Situación geográfica de los principales yacimientos del Pleistoceno Inferior de España: (1) Barranco León, Fuente Nueva-3 y Venta Micena (Granada), (2) Huéscar-1 (Granada) y (3) Quibas (Murcia), (4) Cueva Victoria (Murcia), (5) Casablanca-1-Almenara (Castellón), (6) Bagur-2 (Girona) y (7) Gran Dolina (Burgos).

La microfauna ha sido protagonista de algunos de los estudios de estos yacimientos. En el caso de Orce ha sido estudiada por Agustí et al. (1986, 1990) como parte del estudio de la fauna del Pleistoceno Inferior de la región. Posteriormente Agustí y Madurell (2003), Furió (2003) y Blain (2003) analizan los Arvicólidos, Insectívoros y anfibios y reptiles respectivamente de Fuente Nueva-3 y Barranco León.

Los yacimientos de la depresión Guadix-Baza han sido estudiados por Moyà-Solà et al. (1981), Mazo et al. (1989), estudio de la bioestratigrafía en Agustí (1985) y Agustí et al. (1987) donde se realiza el estudio de los roedores y lagomorfos de Venta-Micena. Martín-Suárez (1988) realiza algunos estudios sobre los tálpidos y múridos de la cuenca Guadix-Baza. Sesé (1989, 1991 y 2001) efectúa diversos estudios relacionados con microfauna y paleoclimatología. Los yacimientos murcianos han sido poco estudiados, se puede destacar el estudio de los roedores de Cueva Victoria por Agustí (1982) y algo posterior las



implicaciones bioestratigráficas de la fauna hallada en el mismo yacimiento por Agustí y Moyà-Solà (1991). En cuanto a Quibas el trabajo más destacable es el de Montoya et al. (2001) acerca de la diversidad faunística del yacimiento.

El complejo kárstico de Casablanca-Almenara ha producido algunos estudios sobre microfauna. Agustí y Galobart (1986) nos hablan acerca de biogeografía con micromamíferos. Un año después Esteban y López-Martínez (1987) hacen una descripción de los Arvicólidos encontrados en Casablanca-I. Gil y Sesé (1984 y 1985) estudian de nuevo los micromamíferos y posteriormente Sevilla et al. (1991) presentan un estudio sobre los cambios morfológicos en poblaciones sucesivas de *Mimomys medasensis* de Casablanca. En el caso del yacimiento gerundense de Bagur-2 podemos mencionar dos estudios acerca de la microfauna, López Martínez et al. (1976) sobre los roedores y lagomorfos y posteriormente Laplana (1999) donde trata la presencia de *Microtus (Allophaiomys) chalinei* en el yacimiento de Bagur-2.

Por otro lado, el vecino yacimiento de Gran Dolina (Atapuerca, Burgos) ha sido estudiado exhaustivamente, también la microfauna. Gil (1987) nos habla de los micromamíferos del tránsito Pleistoceno Inferior-medio de Atapuerca y más recientemente Cuenca et al. (1995) centran su estudio en los arvicólidos de los niveles inferiores de Gran Dolina. Fernández-Jalvo (1990) y Fernández-Jalvo y Andrews (1992) presentan un estudio sobre tafonomía en pequeños mamíferos.

En la propia Sima del Elefante los estudios son más numerosos. Rosas et al. (2001) publican en L'Anthropologie un extenso sobre el yacimiento, donde se incluye la lista faunística. Rofes y Cuenca-Bescós (2003) relacionan en este trabajo insectívoros, clima y paisaje en el Pleistoceno Inferior. Posteriormente una serie de publicaciones donde se presentan nuevos taxones de la Sima del Elefante como en Laplana y Cuenca-Bescós (2000) con la descripción de un nuevo *Microtus* y Rofes y Cuenca-Bescós (2004) nos muestran la primera evidencia de *Asoriculus gibberodon*. Más recientemente Rosas et al. (2006) de nuevo realiza una síntesis sobre la Sima del Elefante donde incluyen todas las novedades, así como una lista faunística actualizada. Cuenca-Bescós y García (2005) proponen un estudio sobre la transición de faunas del Pleistoceno Inferior y medio observado en el registro de la Sima del Elefante y Gran Dolina y a continuación Cuenca-Bescós y García (2007) proponen una biozonación basada en micro y macrofauna para los yacimientos de Atapuerca.

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 TRABAJO DE CAMPO**

#### Extracción del sedimento con fósiles

En cada campaña de excavación el sedimento que se recoge de cada cuadro excavado, en los yacimientos de la Sierra de Atapuerca se deposita en sacos siglados mediante varias etiquetas, éstas contienen la siguiente información: año de campaña, yacimiento, nivel, cuadro, profundidad (Z) y día de excavación del cuadro.

Los sacos son trasladados al campamento del río Arlanzón y allí son ordenados en una recreación de las cuadrículas de cada yacimiento excavado durante la campaña. De esta forma los sacos de igual yacimiento e igual cuadro permanecen juntos, facilitando en todo momento su localización.

### Preparación: lavado-tamizado, secado y etiquetado

Una vez que los sacos se encuentran ordenados comienza el proceso de lavado/tamizado. En primer lugar se seleccionaran todos los sacos que correspondan a una misma muestra (mismo yacimiento, mismo nivel, mismo cuadro y misma profundidad), evitando la mezcla de muestra distintas. El contenido de los sacos que conforman la muestra es repartido en cubos (perfectamente siglados), los cuales se llenan hasta la mitad de sedimento y el resto con agua procedente del río Arlanzón con la intención de que las arcillas floculen y facilite el proceso de lavado. Este proceso de vertido del sedimento en los cubos es anotado con precisión en el cuaderno de campo, así como el cálculo del peso de cada muestra.

Tras un tiempo de reposo de los cubos, comienza el lavado. Los juegos de tamices se componen de tres tamices de diferente luz de malla de 4 mm, 2 mm y 0,5 mm de diámetro que se colocan formando una columna en orden descendente de luz de malla.

El agua utilizada para el lavado del sedimento se extrae del río Arlanzón mediante una bomba que distribuye el agua por un tubo de PVC, situado sobre el tren de lavado, y esté a su vez a 12 mangueras (2 por puesto y persona).

El contenido de los cubos se va vaciando sobre el primer tamiz y se rocía con agua. Los residuos más gruesos son desechados, mientras que el sedimento del segundo y tercer tamiz se pondrá a secar por separado y siempre con su correspondiente sigla. El material más grueso se supervisa durante el proceso de lavado y los restos fósiles que se obtienen en él se juntan con los del siguiente tamiz.

Cuando el sedimento se ha secado por completo, se recoge en bolsas de plástico sigladas. Este proceso se registra también en el cuaderno de campo, anotando junto a la sigla, el peso del sedimento que ha sido lavado por cada muestra, el número de bolsas o concentrados de cada muestra recogidas y el tamaño del concentrado: grueso (procedente del tamiz de 2 mm) y fino (tamiz de 0,5 mm).

## **2.2 TRABAJO DE LABORATORIO**

Las bolsas de material seleccionado para su estudio, se trasladan al laboratorio del área de Paleontología de la Universidad de Zaragoza.

### Extracción de los fósiles: triado en el laboratorio

El proceso de triado consiste en la recuperación sistemática de los restos fósiles, mediante la separación de estos del sedimento estéril. En general, los restos pertenecen a mamíferos, aves, anfibios, reptiles (serpientes de pequeño tamaño, lacértidos,...) roedores, musarañas, murciélagos, conejos, cuyos huesos son tan pequeños que se precisa la ayuda de microscopios ópticos y lupas para su extracción y posterior estudio.

El triado se realiza sobre un folio blanco, que mejora la visibilidad y el contraste entre el material fósil y el fondo. Sobre el fondo se dispersa una cantidad no demasiado grande de sedimento, y utilizando unas pinzas se va extrayendo el material fósil, el material estéril se desecha. Los restos recuperados se acumulan en cajas transparentes de metacrilato: por un lado los restos craneales (dientes y mandíbulas generalmente) y por otro los restos post-craneales. Las cajas son sigladas mediante etiquetas, y a pesar de haber separado los restos craneales y post-craneales de una misma muestra en cajas separadas, estas se guardaran juntas, una dentro de otra si es posible.

En el caso del material fino, es necesario utilizar algún instrumento de microscopía óptica de baja resolución, dado el pequeño tamaño de los restos. En este caso se ha utilizado una lupa binocular OLIMPUS SZ-ST5.

En ocasiones, en el momento de triado, pueden recuperarse elementos de especial interés bien por su rareza, poca abundancia o conservación excepcional. En estos casos se realizan fotografías mediante un microscopio binocular OLYMPUS SZX 12 conectado a un ordenador, en caso necesario se pueden realizar medidas de los elementos fotografiados.

### Preparación y conservación

La preparación realizada consiste en la separación de todos los restos anatómicos identificables (generalmente dientes y fragmentos de mandíbulas y maxilares) del resto de fósiles. Una vez seleccionados se han lavado utilizando una cubeta de ultrasonidos la cual, mediante unas ligeras vibraciones, permite que se desprenda cualquier resto de sedimento adherido al elemento que impida o dificulte su observación.

Cuando los dientes se encuentran ya secos se colocan cuidadosamente y con ayuda de pinzas sobre hilos de masilla adhesiva (Blu-tack<sup>®</sup>) previamente pegados a la base, y tapa si es necesario, de cajas de metacrilato, debidamente sigladas.

## **2.3 ANÁLISIS CUANTITATIVOS**

Como parte del estudio de la paleoecología podemos realizar un análisis de la biodiversidad de un yacimiento. Una de las maneras de estudiar esta biodiversidad trata de relacionar el número mínimo de individuos (NMI) de cada especie en relación con el número total de especies encontradas. De esta forma podemos conocer la heterogeneidad de la asociación y como se distribuyen los individuos en las diferentes muestras representadas.

### Cálculo del número mínimo de individuos (NMI)

La identificación de las especies se realiza a partir de elementos diagnósticos, generalmente la dentición. De esta manera se ha realizado una clasificación sistemática a nivel de especie, cuando ha sido posible, de cada uno de los restos. Tras la clasificación de los taxones se procede al contaje de NMI teniendo en cuenta la lateralidad, es decir contando únicamente uno de los elementos anatómicos simétricos (por ejemplo: primeros molares inferiores derechos o izquierdos, nunca ambos). Para la realización de la identificación ha sido necesario la lectura y consulta de diversos trabajos y publicaciones.

### Análisis de la diversidad

Los índices de diversidad pretenden realizar una estimación cuantitativa de la biodiversidad de una comunidad, en el caso que nos ocupa de una comunidad del pasado, basándose en una muestra de esa comunidad. Esta diversidad puede expresarse gráficamente en función del tiempo y de esta manera identificar eventos y tendencias. En general un aumento en la diversidad puede ser indicativo de un incremento en la organización del ecosistema y de condiciones ecológicas favorables (Margalef, 1974).

De entre todos los índices que se utilizan para el cálculo de la diversidad de una comunidad, los índices de Shannon y Simpson son los más extendidos y ya han sido utilizados en diversos estudios paleontológicos que se han basado en micromamíferos (Martín Suárez, 1988; Castillo Ruiz, 1990; Sesé, 1991; Chaline et al., 1995; Ruiz Sánchez, 1999; López Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002; Pazony, 2004; López-García, 2006; López-García et al., 2008). Este uso generalizado de estos índices en estudios paleontológicos se debe a la independencia que presentan respecto al tamaño de la muestra y a su alta sensibilidad a los cambios en la abundancia de especies poco frecuentes.

### *Índice de Shannon*

Se designa con la letra **H** y viene dado por la siguiente fórmula:

$$H = s \sum (ni/N) \ln (ni/N)$$

**ni**: NMI de *i* especies de cada muestra

**N**: total de NMI de todas las especies juntas en cada muestra

**S**: número total de especies en cada muestra

Los valores de este índice son mayores cuanto más elevado es el número de especies y cuanto más uniforme es la distribución de los individuos entre ellas, es decir cuando no existe dominancia de una especie sobre las otras (Minwer-Barakat, 2005).

### *Índice de Simpson*

A este índice se le designa con la letra **L** y corresponde a:

$$L = s \sum [ni (ni-1) / N (N-1)]$$

**ni**: NMI de *i* especies de cada muestra

**N**: total de NMI de todas las especies juntas en cada muestra

**S**: número de especies en cada muestra

De forma contraria al anterior este índice aumenta cuando hay una especie que domina sobre las demás y por tanto la diversidad específica de la comunidad decrece.

## METODOLOGÍA

### Trabajo de campo:



Excavación en el yacimiento.



Una de las etiquetas de la campaña 2007, en ella figura el yacimiento (Trinchera Dolina, TD), el nivel (10-2), cuadro (K15), la profundidad (Z) y el día de excavación).



Cubo con sedimento y su correspondiente etiqueta de siglado.



Uno de los puestos de lavado con sus correspondientes mangueras y juego de tamices.

### Trabajo de laboratorio:



Uno de los momentos de triado en el laboratorio de la Universidad de Zaragoza.



Detalle de los instrumentos utilizados durante la extracción de los fósiles.



Una de las cajas con restos post-craneales y otra de menor tamaño con los restos craneales.



Utilización de la lupa binocular del laboratorio para la recuperación de los restos más pequeños.



Cubeta de ultrasonidos y varias muestras secándose sobre papel absorbente.



Proceso de montaje de los dientes para su posterior observación con el microscopio binocular.



Detalle de una caja montada con dientes sobre el Blu-tack®.



### ANÁLISIS CUANTITATIVOS:

- NMI
- ÍNDICES DE DIVERSIDAD

### 3 LA SIERRA DE ATAPUERCA

#### 3.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

La Sierra de Atapuerca es un espacio paisajístico único, producto de la acción de los procesos geodinámicos externos sobre los materiales geológicos y su estructura durante el Terciario y el Cuaternario, y cuyo efecto ha generado unos rasgos fisiográficos propios. Estos han ejercido una considerable influencia a lo largo del tiempo en las características biológicas de este particular paraje (Benito, 2004).

Se sitúa a 15 km. de la ciudad de Burgos, ocupando una situación intermedia entre la Sierra de la Demanda (S-SE) y la Cordillera Cantábrica (N), configurando la frontera entre las cuencas terciarias del Ebro y Duero a través del Corredor de la Bureba (Fig.2). Se trata de un pliegue anticlinal tumbado de dirección ibérica (NW-SE) afectado por un sistema kárstico lineal de 3.000 m desarrollado sobre las calizas, dolomías y margas del Cretácico Superior (Turonense-Santonense). En el flanco sur, la creación de una trinchera de ferrocarril a finales del S.XIX dejó al descubierto un gran número de cavidades rellenas con sedimentos de la propia cueva y otros procedentes del exterior (Pérez-González et al., 2001). Estas cavidades son lo que hoy en día conocemos como los yacimientos pleistocenos de la Sierra de Atapuerca.

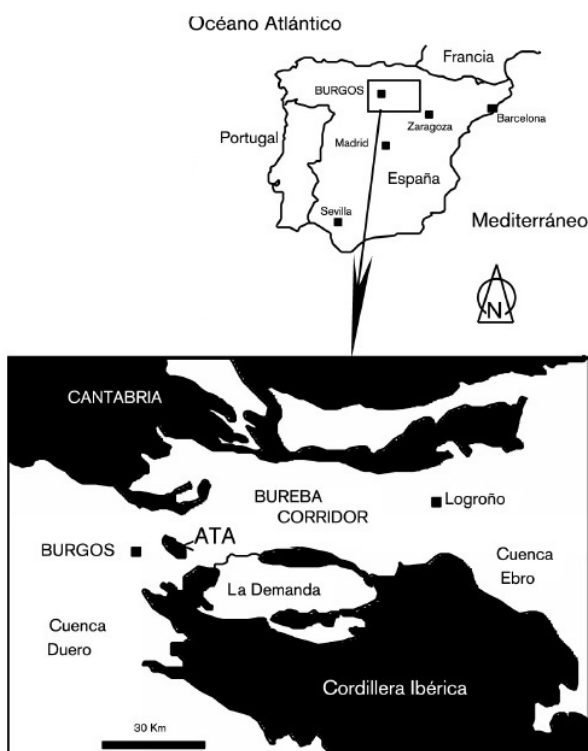


Fig. 2: Situación geológica y geográfica de la Sierra de Atapuerca (Cuenca-Bescós et al., 2004).

### 3.2 EL KARST DE LA SIERRA DE ATAPUERCA

El karst de la Sierra de Atapuerca se caracteriza por la poca importancia de las formas exokársticas, lapiares y dolinas someras que se localizan en la cumbre, y por el gran desarrollo de sus formas subterráneas o endokársticas con grandes conductos que evolucionaron conforme se iba encajando el río Arlanzón (nivel freático regional) y depositaba sus terrazas en el exterior.

El sistema kárstico de la Sierra de Atapuerca tiene un origen freático, con conductos de evolución subhorizontal, aunque sin un claro predominio direccional de sus galerías (Pérez-González et al., 2001). Este sistema se organiza en 2 sistemas independientes (Fig. 3): Cueva Mayor-Cueva del Silo, que se localiza en el sector sur de la Sierra de Atapuerca, con un desarrollo de 3.700 m constituye una de las cavidades más importantes de la Cuenca del Duero. El otro conjunto de cavidades está localizado al lado oeste de la trinchera donde aparecen diferentes afloramientos en cavidades y fisuras independientes (Gran Dolina, Galería, Zarpazos...). Ambos sistemas están separados por un pequeño valle, que aunque en la actualidad permanece inactivo, pudo tener una gran influencia en el relleno de la Sima del Elefante (Rosas et al., 2004)

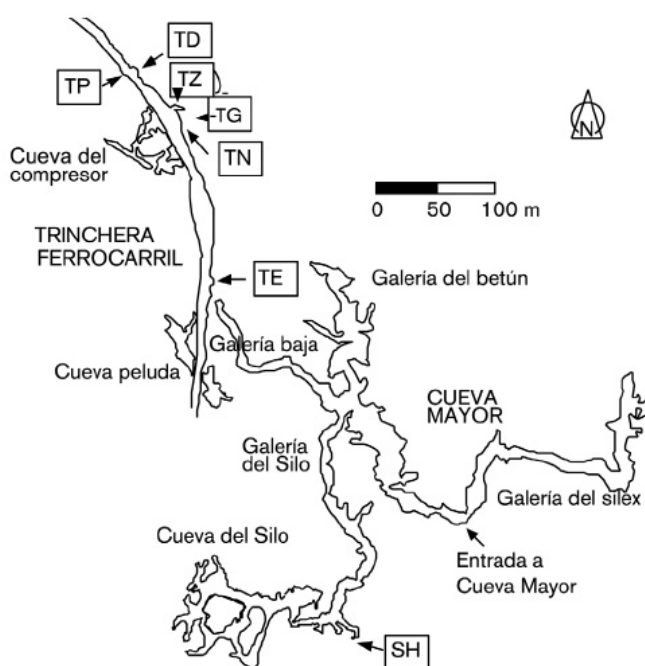


Fig.3: Sistema kárstico de la Sierra de Atapuerca. Al sur el sistema de galerías de Cueva Mayor, donde se localiza el yacimiento de Pleistoceno Medio de Sima de la Huesos (SH). Al oeste el complejo de Trinchera del ferrocarril con diferentes yacimientos del Pleistoceno Inferior-Medio: Sima del Elefante (TE), el complejo de Galería-Tres Simas (Galería Norte (TN), Galería (TG) y Covacha de los Zarpazos (TZ)), la Gran Dolina (TD) y Penal (TP) (Martín Merino et al., 1981).



Las diversas cavidades presentan sus galerías distribuidas en tres niveles diferenciados, formados por los continuos descensos del nivel de base de las aguas del río Arlanzón. A continuación, se produjeron desplomes y procesos erosivos que provocaron el hundimiento de las bóvedas. De esta manera se favoreció la entrada al interior de las cavidades por parte de animales y seres humanos desde el Pleistoceno Inferior. Simultáneamente, las cavidades se fueron colmatando con sedimentos y otros materiales de la superficie: ramas, restos de huesos... Las galerías se colmataron completamente hacia el final del Pleistoceno Medio (128.000 años) y en la actualidad sólo se puede acceder a algunas de sus galerías, a través del Portalón de Cueva Mayor.

Los diversos estudios de campo y topográficos parecen indicar que la Sima del Elefante es una antigua entrada a la rama del subsistema kárstico de Cueva Mayor (Arsuaga, Martínez, Gracia y Bonmatí, [WWW.atapuerca.tv](http://WWW.atapuerca.tv)).

### **3.3 LA SIMA DEL ELEFANTE (TE)**

La Sima del Elefante se sitúa en el extremo sur de la trinchera del ferrocarril de la Sierra de Atapuerca, a unos 200 m de los yacimientos de Trinchera Dolina y Trinchera Galería (Complejo Galería-Tres Simas) (Rosas et al., 2004; Cuenca-Bescós y Rofes, 2004). Se trata de una sección transversal de una antigua galería kárstica, que en la actualidad se encuentra completamente colmatada por depósitos clásticos pleistocenos. La mayoría de ellos sedimentados por procesos de debris flow (Fig. 4). El relleno presenta una sucesión estratigráfica de 18 m de potencia y 15 m de ancho, una gran parte del relleno afloró con la construcción de la trinchera, mientras que los 6 m basales se sitúan por debajo del nivel actual de la trinchera (Carbonell et al., 2008). Este relleno es muy rico en restos de huesos de animales, así como de evidencias de ocupación humana del Pleistoceno en diferentes edades.



**Fig. 4: Fotografía del yacimiento Sima del Elefante, en ella se observa la roca encajante (calizas cretácicas) y el relleno sedimentario que contiene ([WWW.atapuerca.tv](http://WWW.atapuerca.tv)).**

Las primeras investigaciones de TE (así es como se le denomina T por trinchera y E por Elefante) comenzaron con un muestreo de la sucesión sedimentaria y una descripción de la heterogeneidad espacial del relleno y desde 1996 se excava sistemáticamente (Rosas et al., 2001). Posteriormente, en 1997, se decidió realizar una excavación de sondeo donde aparecieron numerosos restos de animales. Los niveles más ricos de TE complementan la secuencia cronológica y bioestratigráfica local del complejo de Atapuerca, puesto que el

relleno de los niveles inferiores (Unidad Roja Inferior) son anteriores a los niveles inferiores de Gran Dolina, mientras que los niveles superiores son posteriores a la sedimentación de los niveles más modernos de Galería y Gran Dolina.

Ya se ha comentado la riqueza arqueo-paleontológica de la Sima del Elefante, pero para una visión más cercana es preciso comentar que en los primeros 7 años de excavación los niveles inferiores aportaron alrededor de 3.500 huesos mayores de 2 cm, incalculables restos de microvertebrados, 25 herramientas de sílex y 50 restos de carbón vegetal, en tan sólo en 20 m<sup>2</sup> (Rosas et al., 2004). Durante los años que han seguido, estos números se han engrosado con cada campaña de excavación en el mes de julio.

### **3.4 IMPORTANCIA DE LA SIMA DEL ELEFANTE**

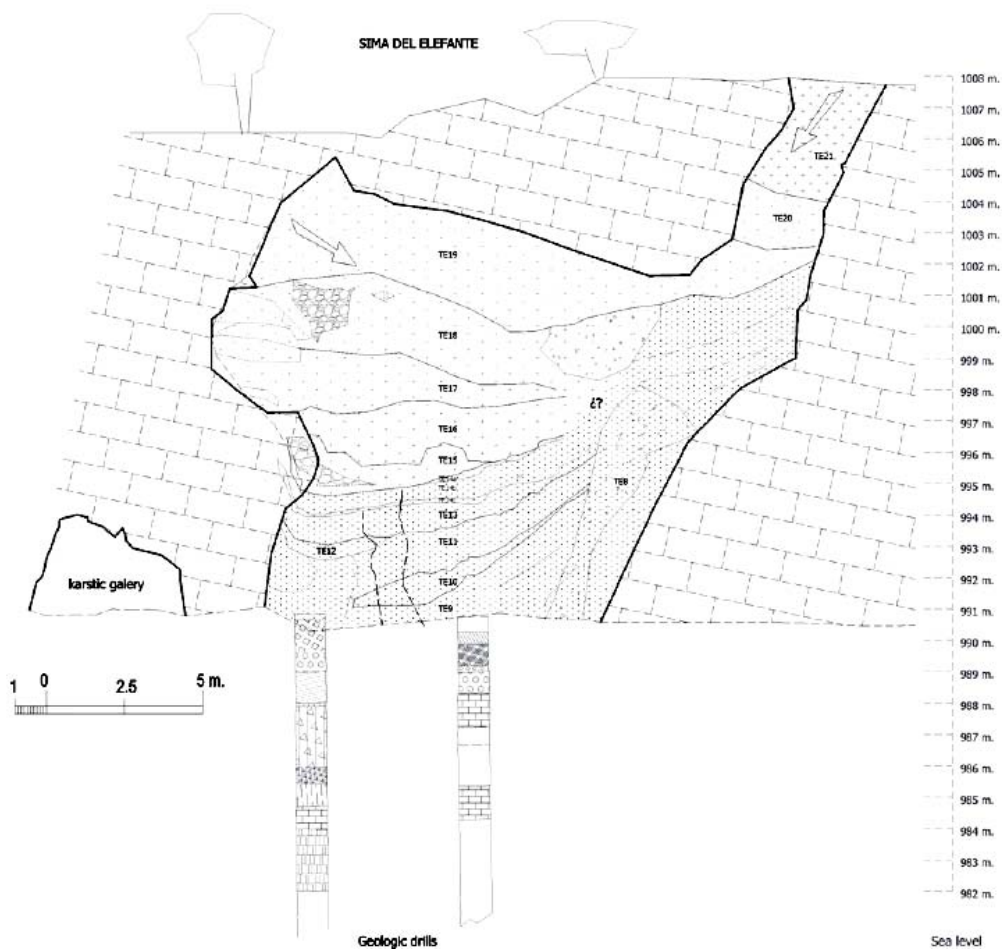
La ocupación de los primeros homínidos europeos es uno de los temas más debatidos en Paleontología. Según Carbonell et al., 2008 esta controversia reside en el hecho de que los vestigios supuestamente más antiguos del Pleistoceno Inferior de Eurasia se localizan en yacimientos con un control temporal deficiente o bien en yacimientos que únicamente han proporcionado industria lítica y no restos humanos como: Fuente Nueva-3 (Granada), Pirro Nord (sur de Italia), Monte Poggiolo (Italia) y Le Vallonet (Francia). Por tanto, hasta la campaña de excavación de 2007, el europeo más antiguo tenía una edad aproximada de 780.000 años y provenía el nivel TD-6 de Gran Dolina, de los yacimientos de Atapuerca.

En la pasada campaña el descubrimiento de una mandíbula humana con alguno de sus dientes en el nivel TE9 de la Sima del Elefante, asociado con un conjunto de herramientas líticas de Modo 1 (Olduvaiense) y restos de fauna con marcas de corte antrópicas, confirma que los primeros humanos ya se encontraban en Europa Occidental hace al menos 1,2 millones de años. Esta evidencia, por tanto retrasa en el tiempo la colonización de Europa en más de 400.000 años.

### **3.5 ESTRATIGRAFÍA**

El relleno de la Sima del Elefante es el más completo de los yacimientos de la Sierra. Se presenta con grandes heterogeneidades, cambios laterales bruscos y presencia de fallas normales, sin embargo también muestra gran regularidad en algunas áreas concretas de la sucesión (Fig. 5), esta es una característica común entre otros yacimientos de la trinchera. Atendiendo a estas áreas, se han definido 21 unidades lito-estratigráficas y basándose en la cronología, el color, la textura y el origen de los aportes, la historia de la Sima se puede dividir en cuatro fases:

Fase 0: Formación de la cueva y apertura de ésta a favor de fisuras en la dirección de mayor extensión de la roca.



**Fig. 5:** Perfil topográfico de la Sima del Elefante. Se indican las principales discontinuidades que diferencian los distintos niveles. En la base, por debajo del nivel actual del suelo se muestra la sucesión estratigráfica de los sedimentos que no están expuestos (Rosas et al., 2006).

**Fase I:** Sedimentación exokárstica del Pleistoceno Inferior. Comprende los niveles más inferiores desde TE8 hasta TE14. Los sedimentos que lo componen tienen un origen alóctono y se disponen con una marcada inclinación, especialmente TE9 y TE10. La acumulación se produjo por procesos de mud flow en la base y por procesos de actividad hídrica en el techo, alternando con sedimentos gravitacionales (debris flow). Los niveles del Pleistoceno Inferior del relleno han sufrido procesos erosivos, de lavado y arrastre fuera de la cavidad, por lo que el relleno original era mayor que el que se conserva actualmente. Estos niveles se delimitan por una discordancia erosiva. Son ricos en registro arqueo-paleontológico y con claras evidencias de actividad antrópica.

**Fase II:** Esta fase sedimentaria está datada como Pleistoceno Medio y comprende los niveles que van desde TE15 a TE19. Esta fase se puede dividir en TE15, TE16 y TE17 de origen hidrodinámico y con formación de espeleotemas, sobre todo en TE17. Hasta hoy no se ha hallado registro fósil por lo que se cree que los materiales que los conforman no se

encontrarían cerca de la entrada de la cueva. Por otro lado, las unidades TE18 y TE19 son sedimentos alóctonos y producidos por diferentes procesos de debris flow gravitacionales y sedimentación en un pequeño estanque. Estos niveles TE18 y TE19 corresponden al final del Pleistoceno Medio y son niveles ricos en industria lítica de sílex y cuarcita y en restos de grandes mamíferos.

Fase III: Esta fase representa la parte más pequeña de la secuencia y se restringe a la zona sur de la parte más superior de la sección. Comprende los niveles TE20 y TE21 (Terra Rossa). Estos niveles corresponden al Pleistoceno Superior y se caracterizan por ser la colmatación final de la cavidad y por la formación del perfil edáfico sobre ellos (Rosas et al., 2001, 2004, 2006).

Se debe resaltar aquí que el nivel TE9 por presentar una potencia importante y su riqueza fosilífera se ha dividido en diferentes subniveles que se denominan TE9c, TE9b, TE9a y TE9a<sup>+</sup>, de más antiguo a más moderno. Esta denominación será utilizada más adelante. El resto de niveles desde TE8 hasta TE14 no están subdivididos en niveles inferiores.

### **3.6 CRONOLOGÍA**

La sección estratigráfica de la Sima del Elefante ha sido datada por bioestratigrafía, paleomagnetismo, series de Uranio, ESR y cosmogénicos en diferentes estudios. La asociación faunística nos ofrece una valiosa información cronológica. El mustélido *Pannonictis* es un taxón típico del Plio-Pleistoceno y la especie *P. nestii* de TE9 es probablemente el último superviviente del género llegando hasta el final del Pleistoceno Inferior. En la talla y morfología craneal y dental se asemeja a al mustélido hallado en el yacimiento italiano de Pietraffita, datado alrededor de 1.4 Ma., por lo que podemos esperar que TE9 este cercano a la edad de este yacimiento. Por otro lado el múrido *Castillomys* (de TE8 a TE14) tiene su última aparición en Barranco León (Granada) con edad cercana a Matuyama. Los roedores e insectívoros hallados en los niveles que van de TE9 hasta TE13 presentan caracteres más primitivos que los hallados en yacimientos de edad Cromeriense (1.0-0.6 Ma.) así como del yacimiento vecino de Gran Dolina (Carbonell et al., 2008).

Los estudios paleomagnéticos previos revelaron que en los niveles TE16 y anteriores existe una inversión magnética, pertenecientes a la inversión Matuyama (1.78-0.78 Ma) (Rosas et al., 2004). El nivel TE17 muestra polaridad normal. Los nuevos estudios realizados recientemente, con motivo del hallazgo de la mandíbula en TE9, han mostrado un cambio a polaridad normal dentro de TE16, localizado en el metro 11.

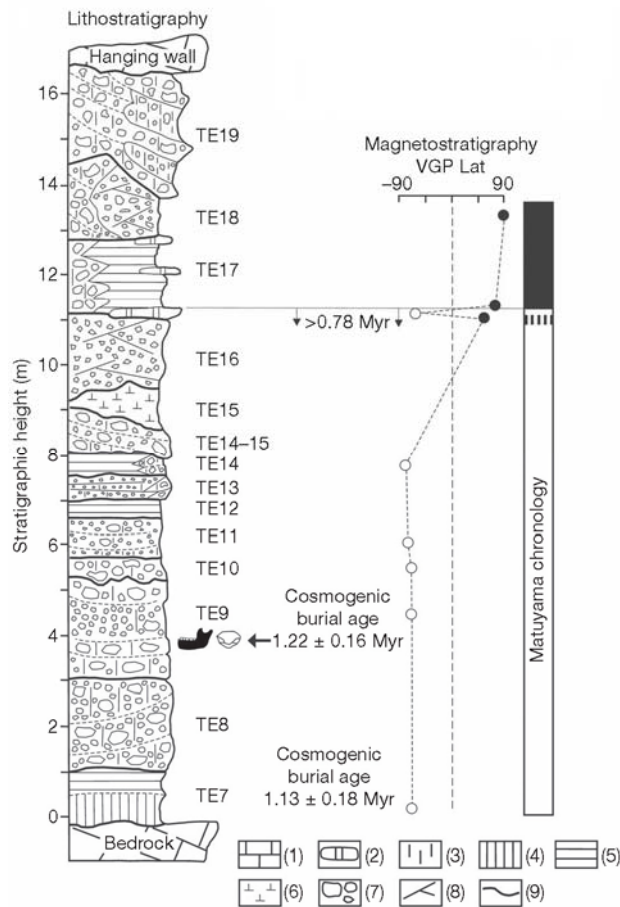


Fig. 6: Resumen de la litoestratigrafía y cronología del yacimiento Sima del Elefante. La columna estratigráfica muestra las unidades observables en los sectores central y norte del yacimiento. (1) Calizas mesozoicas, (2) espelotemas, (3) lutitas/arcillas, (4) murcielaguina, (5) arcillas y limos laminados, (6) margas, (7) gravas y cantos rodados, (8) laminación cruzada, (9) discontinuidades estratigráficas principales. VGP Lat, latitud del polo geomagnético virtual. Se muestran también las edades de enterramiento obtenidas por cosmogénicos junto con su error estándar calculado para un cono de confianza del 68% (Carbonell, 2008).

Si nos centramos en los niveles más antiguos, las últimas dataciones han sido realizadas mediante cosmogénicos de Al y Be obtenidos de cuarzos contenidos en los sedimentos. Se han datado dos muestras, la primera tomada en TE9b (subnivel central de TE9) a 40 cm de los hallazgos de industria lítica y los fósiles humanos. La edad de enterramiento obtenida para este nivel es de  $1.22 \pm 0.16$  Ma. La segunda muestra ha sido recogida de TE7, nivel más antiguo de los que aflora en la Sima del Elefante, y su edad de enterramiento es de  $1.13 \pm 0.18$  Ma., prácticamente indistinguible de la anterior (Carbonell et al., 2008) (Fig. 6).

## 4 SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

En este capítulo se describirá brevemente las especies y géneros de micromamíferos de la Sima del Elefante que se han identificado en base a la morfología, de las mandíbulas para insectívoros y quirópteros y de dientes aislados en el caso de los roedores. A continuación se detallan los taxones identificados con mayor representación y se describen brevemente aquellas especies halladas en poca proporción.

## **4.1 CLASE MAMMALIA Linnaeus, 1758**

### **4.1.1 ORDEN SORICOMORPHA Gregory, 1910**

Los insectívoros incluyen a erizos, musarañas y topos. Se trata de animales terrestres (algunos subterráneos) así como acuáticos como el Desmán. Son de tamaño medio o pequeño con cinco dedos en pies y manos. Presentan caracteres poco especializados y evolutivamente primitivos. Su dieta es fundamentalmente carnívora, basada en el consumo de invertebrados (Blanco, 1998a) por lo que su dentición presenta unas características especiales.

Toda la nomenclatura utilizada, así como los caracteres diagnósticos son los utilizados por Repenning (1967) y Reumer (1984).

#### **4.1.1.1 FAMILIA SORICIDAE Fischer, 1817**

##### **SUBFAMILIA SORICINAE Fischer, 1817**

Las musarañas de dientes rojos deben su nombre a la presencia de un pigmento rojo que tiñe la parte apical de todos sus dientes. Este pigmento se debe a la presencia de sales de hierro en la parte más externa del esmalte, de esta manera sus dientes son mucho más resistentes frente al desgaste. Este grupo incluye a musarañas de hábitos terrestres y subterráneos, así como de hábitos subacuáticos.

Género *Sorex* Linnaeus, 1758

#### ***Sorex* sp. (Fig. 7)**

Esta musaraña de dientes rojos posee un tamaño medio. Su proceso coronoide es alto y estrecho en comparación con la rama mandibular. El cóndilo articular se sitúa separado de la parte posterior de la mandíbula. La faceta articular inferior se extiende lingualmente. La rama mandibular no es muy delgada ni tampoco demasiado gruesa, manteniendo una altura constante. Dentro de los soricinos analizados *Sorex* sp. ha sido identificado por poseer pigmentación en la zona apical de la dentición, dos facetas articulares separadas en el cóndilo articular y por tener el incisivo inferior trilobulado.

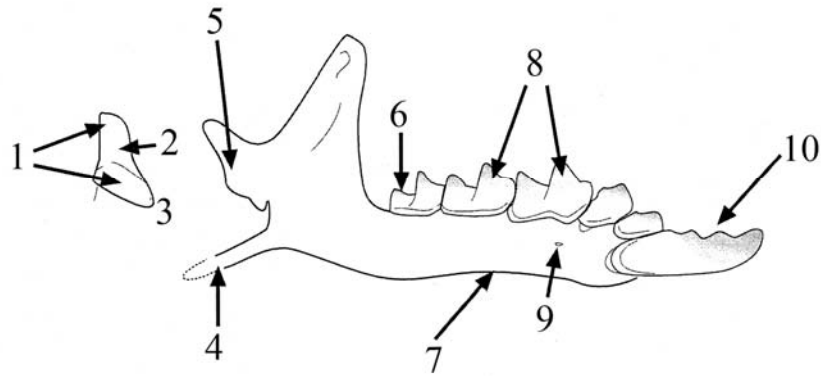


Fig. 7: Caracteres diagnósticos de *Sorex* sp.: (1) facetas articulares del cóndilo mandibular separadas; (2) área interarticular sin constricción; (3) faceta inferior extendida lingualmente; (4) proceso angular largo y muy grácil; (5) Cóndilo articular pequeño; (6) m3 con talón reducido; (7) margen ventral de la mandíbula ligeramente cóncavo; (8) dientes pigmentados; (9) foramen mentoniano bajo el protocónido del m1; (10) incisivo inferior tricuspulado (Furió, 2007).

Género *Beremendia* Kormos, 1934

***Beremendia fissidens*** (Petényi, 1864) (Fig. 8)

Se trata de una musaraña “gigante” de dientes rojos, actualmente extinta. Presenta una morfología distintiva del cóndilo mandibular, así como de los incisivos superiores e inferiores. Los molares inferiores (m1 y m2) presentan crestas entocónidas, mientras que los terceros molares superiores (M3) e inferiores (m3) presentan un tamaño reducido. La mandíbula es de una gran robustez y el proceso coronoide de ésta tiene cierta inclinación antero-lateral. La coloración de sus dientes es muy intensa y presente en todos sus dientes (Rofes & Cuenca-Bescós, 2005). De todas las musarañas de dientes rojos halladas en los niveles del Pleistoceno Inferior de la Sima del Elefante, *Beremendia fissidens* es la de mayor tamaño.

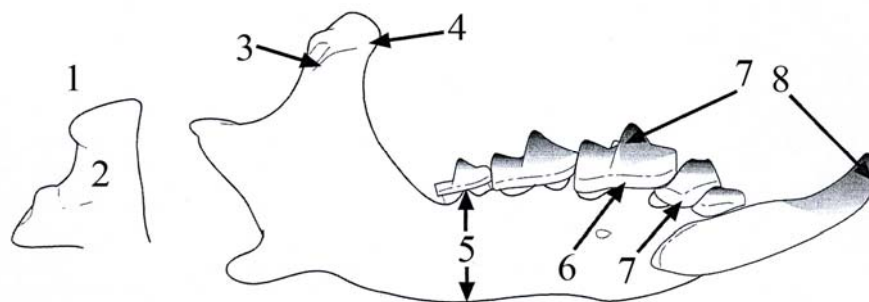


Fig. 8: Caracteres diagnósticos de *Beremendia fissidens*: (1) faceta articular superior oval; (2) faceta inferior situada en posición anterior; (3) espícula coronoide alta y prominente; (4) gran curvatura anterior en el ápice del proceso coronoide; (5) rama mandibular gruesa, alta y torcida; (6) m1 con cíngulo labial completo; (7) pigmentación muy intensa entre roja y negra; (8) incisivo inferior acuspulado (Furió, 2007).

Género *Neomys* Kaup, 1829

***Neomys* sp.** (Fig. 9)

Actualmente las especies pertenecientes al género *Neomys* presentan hábitos acuáticos, por lo que se les conoce comúnmente como musarañas de agua. Los caracteres morfológicos más destacables que lo identifican son: proceso coronoide alto y delgado, orientado perpendicularmente respecto a la rama mandibular, no presenta inclinación, la parte más alta de este proceso se engrosa por la cara lingual. El cóndilo articular es relativamente grande respecto a la parte posterior de la mandíbula, el área interarticular es larga y estrecha respecto a las dos facetas. La faceta inferior es prácticamente horizontal y de mayor tamaño que la superior. La rama mandibular es grácil y recta. *Neomys* sp. ha sido diferenciado por la pigmentación de sus dientes, su tamaño medio, la presencia de dos facetas articulares separadas por un área interarticular claramente estrecha y la orientación horizontal de la faceta inferior.

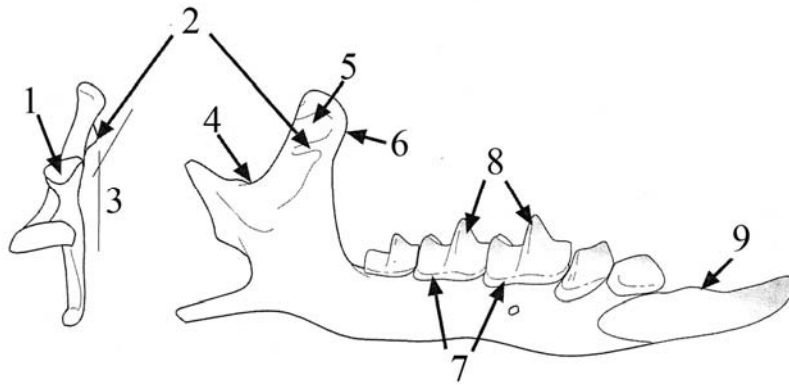


Fig. 9: Caracteres diagnósticos de *Neomys* sp.: (1) faceta articular superior oval; (2) espícula coronoide alta; (3) cóndilo articular torcido respecto al proceso coronoide; (4) espícula pterigoidea desarrollada moderadamente; (5) muesca sigmoidea superior; (6) proceso coronoide curvado anteriormente; (7) cíngulo labial marcado en la dentición inferior; (8) pigmentación apical; (9) incisivo inferior sin lobulación (Furió, 2007).

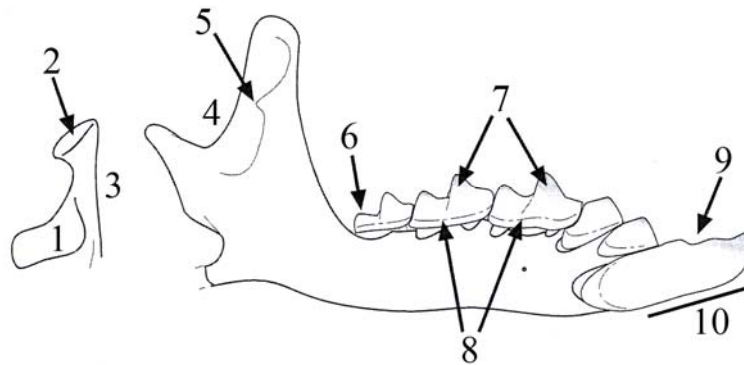
Género *Asoriculus* Kretzoi, 1959

***Asoriculus gibberodon*** (Petényi, 1864) (Fig. 10)

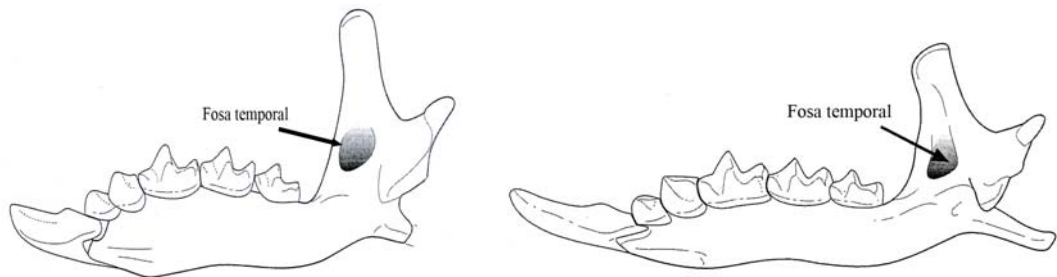
Se trata de una musaraña de dientes rojos ya extinta. El cuerpo o rama mandibular es fina y estrecha. El proceso coronoide es relativamente alto, con la cúspide redondeada y con bordes anterior y posterior cóncavos. La rama ascendente se sitúa en el mismo eje que el cuerpo mandibular, sin desviación lateral. El cóndilo articular presenta una faceta inferior estrecha y muy elongada medialmente y una superior más corta, ambas se separa por un área interarticular muy estrecha (Rofes & Cuenca-Bescós, 2006). Para la identificación de esta especie se ha prestado especial atención a la pigmentación roja de sus dientes, el



cóndilo articular con dos facetas diferentes y separadas por un área interarticular muy estrecha y la fosa temporal interna somera y menos marcada que en el caso de *Neomys* sp. (Fig. 11)



**Fig.10: *Asoriculus gibberodon*.** (1) faceta articular inferior elongada; (2) faceta articular superior ovalada; (3) cóndilo articular de tipo "Neomys"; (4) leve estrechamiento de la rama mandibular; (5) espícula coronoide alta; (6) m3 con entocónido reducido; (7) pigmentación en la parte más altas de las cúspides; (8) cíngulo basal completo en la dentición inferior; (9) incisivo inferior bicusplado; (10) incisivo inferior corto (Furió, 2007).



**Fig. 11: Diferencia entre las fosas temporales internas de *Asoriculus gibberodon* (izq.) y *Neomys* sp. (dcha.).** En el primer caso la fosa es muy somera, poco marcada y de forma ovalada mientras que en el caso de *Neomys*, es más profunda y alargada en el sentido del proceso coronoide (Furió, 2007).

#### SUBFAMILIA CROCIDURINAE Wagler, 1832

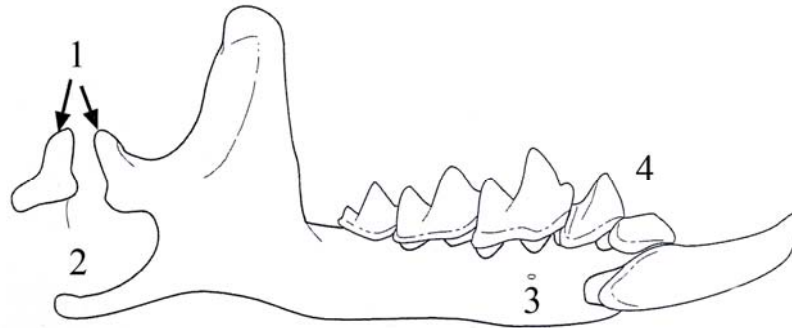
Las musarañas de dientes blancos carecen de la pigmentación en la cúspide de los dientes. En general presentan hábitos terrestres.

#### Género *Crocidura* Wagler, 1832

#### ***Crocidura* sp.** (Fig. 12)

Se identificará por la ausencia de coloración en los dientes. La superficie oclusal de los incisivos inferiores es totalmente lisa. El proceso coronoide de la mandíbula no es muy alto y su ápice es redondeado. La fosa temporal interna está bien desarrollada y presenta forma

triangular. El cóndilo articular es pequeño y las facetas superior e inferior no se encuentran individualizadas. Para su identificación y diferenciación entre el resto de musarañas de este estudio se han utilizado los caracteres de no pigmentación y facetas articulares fusionadas principalmente.



**Fig. 12: Caracteres diagnósticos del género *Crocidura*: (1) cóndilo articular pequeño y con facetas fusionadas; (2) apófisis angular larga; (3) foramen mentoniano bajo el m1; (4) dientes no pigmentados (Furió, 2007).**

#### 4.1.1.2 FAMILIA TALPIDAE Fischer Von Waldheim, 1817

La familia de los tálpidos está compuesta por especies muy próximas a las musarañas pero con una menor especialización de la dentición. Aunque la mayor parte de ellos poseen hábitos subterráneos también los hay algunos con preferencia acuática.

##### SUBFAMILIA TALPINAЕ Fischer Von Waldheim, 1817

##### Género *Talpa* Linnaeus, 1758

Los caracteres diagnósticos para el género *Talpa* se basan en los datos por Gureev (1979).

##### ***Talpa cf. europea*** Linnaeus, 1758

Los topos se caracterizan por tener una mandíbula muy alargada y grácil. La apófisis angular y el proceso coronoide son robustos, mientras que el cóndilo articular es delicado y simple. La rama mandibular es ligeramente curvilínea y el proceso coronoide forma un ángulo obtuso respecto al cuerpo mandibular.

##### SUBFAMILIA DESMANINAE Thomas, 1912

##### Género *Galemys* Kaup, 1829

Los caracteres diagnósticos del género *Galemys* son los utilizados por Rümke (1985a).

***Galemys cf. kormosi*** Schreuder, 1940

Se ha identificado mediante el húmero. La diáfisis de éste es estrecha y con el cóndilo proximal de forma elíptica.

#### 4.1.1.3 FAMILIA ERINACEIDAE Bonaparte, 1838

SUBFAMILIA ERINCEINAE Fischer Von Waldheim, 1817

Género *Erinaceus* Linnaeus, 1758

Para la determinación del género *Erinaceus* se han utilizado los caracteres diagnósticos propuestos por Gureev (1979).

***Erinaceus cf. praeglacialis*** Brunner, 1933

La determinación de los erizos de la Sima del Elefante se ha realizado mediante mandíbulas y elementos dentales aislados, según el nivel. Las mandíbulas se reconocen por su gran tamaño y robustez, con alveolos de gran tamaño y morfología ovalada. Para la dentición: el p4 (cuarto premolar inferior) se caracteriza por una superficie oclusal prácticamente rectangular y tener un metacónido muy poco desarrollado frente al protocónido. El m1 posee un trigónido acabado en punta. Su cíngulo labial recorre la base del diente sin rodearlo por completo.

### 4.1.2 ORDEN CHIROPTERA Blumenbach, 1779

Los murciélagos constituyen una línea evolutiva muy particular de los mamíferos, son animales nocturnos, adaptados totalmente al vuelo gracias a la adaptación de sus miembros anteriores, en forma de alas. Este orden es uno de los que mayor éxito ha tenido dentro de los mamíferos, contando en la actualidad con 980 especies.

Su dentición es heterodonta (con dientes diferenciados: incisivos, caninos, premolares y molares). Se caracterizan por tener cúspides que se unen mediante crestas en forma de W.

#### 4.1.2.1 FAMILIA VESPERTILIONIDAE Gray, 1821

SUBFAMILIA VESPERTILIONINAE Gray, 1821

Género *Myotis* Kaup, 1829

### ***Myotis* sp.**

Esta especie de murciélago se diferencia de la otra hallada en el yacimiento, básicamente por tener los m1 myotodontos (hipoconúlido completamente separado del entocónido) y tener un cíngulo más o menos constante en todo el diente.

#### 4.1.2.2 FAMILIA RHINOLOPHIDAE Gray, 1825

Género *Rhinolophus* Lacépède, 1799

### ***Rhinolophus* sp.**

Los molares inferiores se caracterizan por tener un cíngulo fino y tener un patrón nyctalodonto (hipoconúlido conectado con el entocónido) al contrario que en *Myotis* sp.

### **4.1.3 ORDEN RODENTIA Bowdich, 1821**

El orden de los roedores es hoy en día el más numeroso y se distribuye ampliamente por todo el mundo. Con un total de 1.793 especies, superan en individuos al resto de mamíferos en su conjunto.

Los roedores presentan gran variedad de formas adaptadas a todo tipo de ambientes, Los hay enteramente terrestres (superficiales y subterráneos), arborícolas y acuáticos. Su alimentación es básicamente herbívora, aunque muchos de ellos pueden considerarse omnívoros en función de la disposición de alimentos.

Lo más característico de los roedores es su dentición. En cada mandíbula hay solo dos incisivos muy grandes y de crecimiento continuo, no poseen caninos existiendo un gran diastema entre los incisivos y los molares (Blanco, 1998b). En el caso de los ejemplares fósiles, los roedores pueden tener crecimiento continuo o no según el grupo (Cuenca-Bescós, 1990).

#### 4.1.3.1 FAMILIA MURIDAE Illiger, 1811

##### SUBFAMILIA ARVICOLINAE Gray, 1821

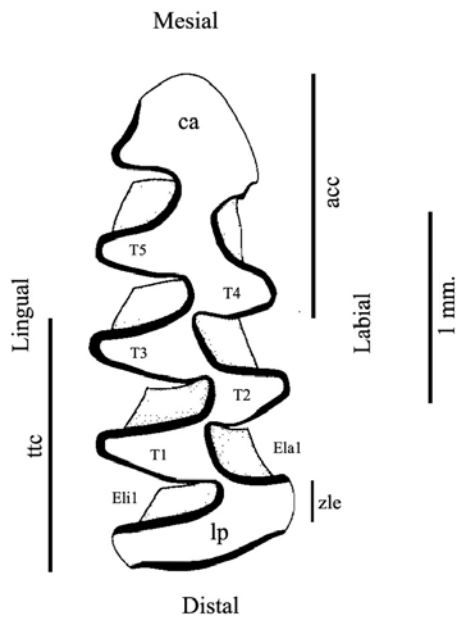
Los arvicolinos o microtininos se conocen de manera más común como topillos y ratas de agua. Son preferentemente herbívoros lo que condiciona su morfología, especialmente la dental. Poseen molares hipsodontos, esto es con raíz abierta o sin raíz, de crecimiento continuo como adaptación a la dieta tan abrasiva de materiales duros y fibrosos que habitúan. Además presentan una serie de pliegues (ángulos entrantes y salientes), similares

a los de los grandes herbívoros, que favorecen la masticación del material vegetal (Blanco, 1998b).

Género *Microtus* Schrank, 1798

***Microtus (Allophaiomys) lavocati*** Laplana y Cuenca-Bescós, 2000

***Microtus (Allophaiomys) burgondiae*** Chaline, 1972



Como ya se ha comentado anteriormente, se ha decidido unir estos dos taxones debido a la complejidad de identificación, por lo que a partir de ahora se determinaran como *Allophaiomys lavocati-burgondiae*. Las características principales que lo identifican son: T1-T3 no confluyentes, T4-T5 confluyentes entre sí y con la cúspide anterior de morfología redondeada. Puede estar presente un T7 abierto y definido por un Eli5 poco desarrollado. El esmalte está reducido en la región labial de la cúspide anterior por lo que T6 no suele estar presente. Los salientes de los triángulos son redondeados. Los triángulos son poco asimétricos, los labiales están un poco menos desarrollados que los linguales. El esmalte es de tipo *Microtus*, de mayor grosor en la parte mesial de los triángulos que en la parte distal (Fig. 13). Es arrizodonto, sin raíces (Laplana y Cuenca-Bescós, 2000).

**Fig. 13:** m1 derecho de *Allophaiomys lavocati*. La nomenclatura es la utilizada por Van der Meulen (1973): acc (complejo anterocónido); ttc (complejo trigónido-talónido); Ca (cúspide anterior); Lp (lóbulo posterior); T1, T2... (triángulos de 1 hasta 7); Ela1, Ela2... (ángulo entrante labial de 1 hasta 4); Eli1, Eli2... (ángulo entrante lingual de 1 hasta 5); zle (zona libre de esmalte) (Laplana y Cuenca-Bescós, 2000).

***Microtus (Allophaiomys) nutiensis*** Chaline, 1972 (Fig. 14)



Este topillo se caracteriza por presentar un lóbulo posterior y T1, T2 y T3 alternos en el complejo trigónido-talónido o posterior. El complejo anterocónido tiene un mayor desarrollo y contiene un T4-T5 levemente confluyentes entre sí. La cúspide anterior es de pequeño tamaño y con morfología triangular y con un cuello muy estrecho que separa T6 y T7 claramente de los anteriores. El esmalte es más grueso en la parte anterior de los triángulos que en la posterior y en general es visiblemente asimétrico. Sin raíces.

**Fig. 14:** m1 y m2 izquierdos de *Allophaiomys nutiensis* (Cuenca- Bescós et al. 2001).

### Arvicolinae indet.



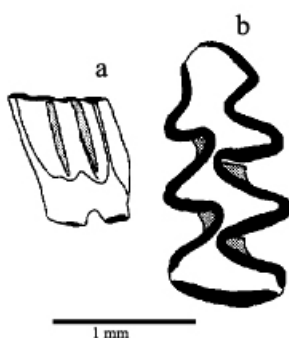
Lo más llamativo de este taxón y que lo diferencia con facilidad del resto de arvicolinos hallados en la Sima del Elefante, es su gran tamaño. La ausencia de raíces lo diferencia de otros arvicolinos del Pleistoceno Inferior como *Mimomys savini*. Además presenta abundante cemento en los ángulos entrantes. La línea de esmalte desaparece en los lados lingual y labial del lóbulo posterior y en la parte mesial del molar. T1, T2 y T3 son alternos y cerrados (el ápice se orienta hacia la parte anterior), mientras que T4 y T5 son ligeramente confluyentes y abiertos. T4 y T5 confluyen ampliamente con la cúspide anterior.

Fig. 15: m1 derecho de Arvicolinae indet.

### SUBFAMILIA ELLOBIBIINAE Gill, 1872

Género *Ungaromys* Kormos, 1832

*Ungaromys nanus* Kormos, 1832 (Fig. 16)



Este taxón es uno de los más reconocibles dentro de los microtinos del Pleistoceno Inferior de la Sima del Elefante. Son molares rizodontos con dos raíces situadas en las partes mesial y distal. Además se caracterizan por ser de una talla menor al resto (tan sólo 4 triángulos) y poseer una línea sinuosa de esmalte muy gruesa y uniforme con apenas zonas libres de esmalte. El cemento en los ángulos entrantes es escaso o inexistente. Los vértices de los triángulos (ángulos salientes) son perpendiculares al eje longitudinal del diente.

Fig. 16: m1 izquierdo de *Ungaromys nanus*. (a) vista lateral donde se observan las raíces; (b) vista oclusal del molar (Cuenca- Bescós et al. 2001).

### SUBFAMILIA MURINAE

Los murinos, conocidos vulgarmente como ratas y ratones, tienen una estrecha relación de comensalismo con el hombre y este hecho ha provocado su distribución por todo el mundo. Son especies principalmente granívoras, aunque pueden ser también generalistas y oportunistas en función de la escasez de alimento. Su dentición, a diferencia de los microtinos, es limitada y se caracterizan por tener molares bunodontos (de cúspides redondeadas) (Blanco, 19998b) (Fig. 17).

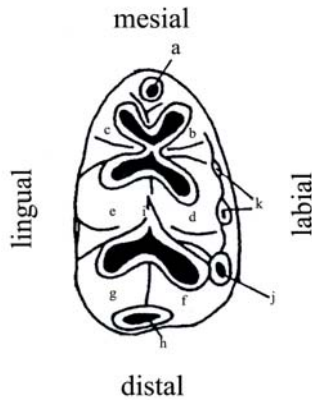
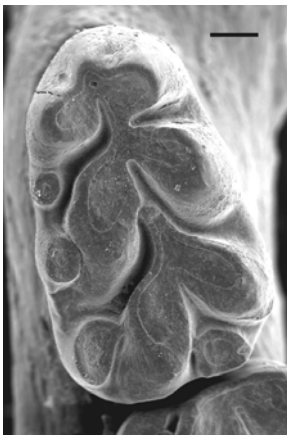


Fig. 17: m1 derecho de murino. (a) tubérculo medio anterior; (b) lóbulo labial del anterocónido; (c) lóbulo lingual del anterocónido; (d) protocónido; (e) metacónido; (f) hipocónido; (g) entocónido; (h) tubérculo posterior; (i) cresta longitudinal; (j) cúspide accesoria posterior; (k) cúspides accesorias del cíngulo labial. La nomenclatura es la utilizada por Van de Weerd, (1976).

Género *Apodemus* Kaup, 1829

***Apodemus* sp.** (Fig. 18)



*Apodemus* sp. de la Sima del Elefante se caracteriza por ser un poco más ancho en su parte posterior, tener el tubérculo medio anterior presente pero poco desarrollado. El anterocónido es simétrico y se une mediante una cresta al protocónido y metacónido, que se encuentran en una posición similar. En el cíngulo labial aparecen dos cúspides accesorias bien desarrolladas y de morfología circular. La cúspide accesoria posterior también está bien desarrollada y es de mayor tamaño que las anteriores, así como el tubérculo posterior.

Fig. 18: Fotografía de SEM de un m1 izquierdo de *Apodemus* sp. La escala son 200  $\mu$ m.

Género *Castillomys* Michaux, 1969

***Castillomys rivas*** Martín Suárez y Mein, 1991 (Fig. 19)



*Castillomys rivas* es un murino muy característico y fácilmente identificable. El m1 se caracteriza por no tener cúspide anterior y ser claramente más ancho en la parte posterior que en la anterior. Además el cíngulo es ancho y está separado por un valle profundo formando una cresta longitudinal a lo largo de la parte labial del diente. El anterocónido es asimétrico y se une mediante una cresta al metacónido. El protocónido se sitúa ligeramente retrasado respecto al metacónido.

Fig. 19: Fotografía de microscopio electrónico de un m1 derecho de *Castillomys rivas*. La escala son 200  $\mu$ m.

Presenta una cresta longitudinal que une el entocónido con la parte posterior del protocónido (Martín Suárez & Mein, 1991).

#### 4.1.3.2 FAMILIA MYOXIDAE Gray, 1821

##### SUBFAMILIA LEITHIINAE Lydekker, 1896

Estos roedores se caracterizan por tener molares con raíces, braquidontos (con coronas bajas). La superficie oclusal está surcada por crestas transversales que se separan entre sí por lofos o valles (Cuenca-Bescós, 1985).

Género *Eliomys* Wagner, 1840

***Eliomys quercinus*** Linnaeus, 1766

Este lirón es de tamaño medio y la superficie oclusal de sus molares es cóncava. Las crestas principales se desarrollan de manera labio-lingual, resaltando en los extremos las cúspides principales muy desarrolladas.

#### 4.1.3.3 FAMILIA CASTORIDAE

Género *Castor* Linnaeus, 1758

***Castor sp.*** Linnaeus, 1758

Los molares inferiores del género *Castor* se caracterizan por presentar tres estríidas (entrantes muy marcados) internas bien desarrolladas. Presentan abundante cemento y son fuertemente hypsodontos (con coronas altas) (Crusafont et al., 1948).

## 5 RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos tras el análisis de 20 muestras que van desde el nivel TE8 hasta el nivel TE14 de la Sima del Elefante. En cada nivel se han analizado las muestras necesarias para obtener un NMI cercano a 100, aunque en algunas de ellas ha sido imposible y el NMI dista mucho de 100 (TE11 y TE14). El número de individuos identificados es de 1548, los cuales se dividen en 3 ordenes: 263 insectívoros, 5 quirópteros y 1280 roedores, todos ellos clasificados en 18 especies: *Asoriculus gibberodon*, *Beremendia fissidens*, *Erinaceus* cf. *praeglacialis*, *Talpa* cf. *T. europea*, *Galemys* cf. *kormosi*., *Sorex* sp., *Neomys* sp., *Crocidura* sp., *Allophaiomys*



*lavocati-burgondiae*, *Allophaiomys nutiensis*, *Ungaromys nanus*, *Arvicolinae* indet., *Castillomys rivas*, *Apodemus* sp., *Eliomys quercinus*, *Castor* sp., *Myotis* sp., *Rhinolophus* sp. (Tabla 1).

## 5.1 CÁLCULO DEL NMI

Tras el análisis taxonómico se ha calculado el NMI de los niveles del Pleistoceno Inferior (de TE8 hasta TE14) de la Sima del Elefante, los resultados se muestran en la tabla siguiente:

NIVEL	MUESTRA	Insectivora										Rodentia								Quirop		Total
		<i>Beremendia Fissidens</i>	<i>Asoriculus gibberodon</i>	<i>Eriaceus cf. praeglacialis</i>	<i>Talpa cf. T. europaea</i>	<i>Galemys cf. Karmosi</i>	<i>Sorex</i> sp.	<i>Neomys</i> sp.	<i>Crocidura</i> sp.	<i>Soricinae</i> indet.	<i>Allophaiomys lavocati</i>	<i>Allophaiomys burgondiae</i>	<i>Allophaiomys nutiensis</i>	<i>Ungaromys nanus</i>	<i>Arvicolidae</i> indet.	<i>Castillomys rivas</i>	<i>Apodemus</i> sp.	<i>Castor</i> sp.	<i>Eliomys quercinus</i>	<i>Myotis</i> sp.	<i>Rhinolophus</i> sp.	
TE8	Ata'96 ET-8N	2	2		6	1	18		11	1		34	2	1		3	13		1		1	96
TE9C	Ata'03 TE 9c L29 z:1290-1300	3			3		1				43	4	1	1	3	1	1					133
	Ata'03 TE 9c I 30 z: 1400-1410				2		1	1	6	1	47	5	1	1	3	4						
TE9B	Ata'02 TE 9b K30 z:590-600	1			2		4		6	6	102	7	1		3	3		1			136	
TE9A	Ata'02 TE 9a L31 z:540-550	2			1		3	2	17	6	222	21	6	1	3	4					443	
	Ata'02 TE 9a L30 z:560-570	2			2		1	1	7	4	123	6	1	1	1	6						
TE9A+	Ata'02 TE 9a+ J31 z:620-630				1		2			3	64	2	1		2	1				2	291	
	Ata'02 TE 9a+ J30 z: 620-630	2			2		9		3	4	163	15	1	1	2	10		1				
TE10	Ata'00 TE 10	3			4		1				82	5		1	1	4					126	
	Ata'98 TE (10) E-1				1		1		1		19	2		1								
TE11	Ata'03 TE 11 E31 z:1160-1170				1				3		7	1				1					23	
	Ata'03 TE 11 E30 z:1150-1160	1							4		4	1										
TE12	Ata'04 TE 12 E30 z:1220-1240	4			4			2	11		36	5			7						150	
	Ata'04 TE 12 F31 z: 1210-1220	3		1	4		2	1	10		38	5	1	2	2	9		1	1	1		
TE13	Ata'04 TE 13 F31 z: 1160-1170				2				5	1	29	3			2	3					139	
	Ata'03 TE 13 F30 z: 1180-1190			1	2			2	7		21	2			1	3						
	Ata'03 TE 13 G31 z: 1150-11690/1160-1170	1	1		2		3	2	13	4	22	5				2						
TE14	Ata'04 TE 14 G32 z: 1140-1150				1				1		4										11	
	Ata'03 TE 14c E31 z: 1090-1100								1								1					
	Ata'03 TE 14 N sup. D28 z: 710										2											
	Ata'03 TE 14b G31 z: 1050-1060											1										
TOTAL		24	3	2	40	1	46	11	106	30	1062	92	14	10	26	71	1	4	3	2	1548	

Tabla 1: NMI de cada taxón hallado. Se incluye las muestras revisadas para cada nivel y subnivel, el NMI de cada nivel, NMI de cada taxón y NMI total identificados.

## 5.2 HÁBITATS Y SU EVOLUCIÓN EN LA SIMA DEL ELEFANTE

Cuando se realiza una reconstrucción paleoambiental debemos basarnos en toda la asociación faunística y no sólo en la presencia de una o dos especies. Los cambios cuantitativos en la distribución de micromamíferos de los niveles más antiguos de la Sima del Elefante pueden servirnos como pauta para establecer los cambios ambientales durante el final del Pleistoceno Inferior. Un proceso como este entraña algunos problemas, aparte de los tafonómicos. Por un lado desconocemos la preferencia de los hábitats de los animales extintos y por otro las especies actuales similares a las fósiles pueden tener preferencias distintas que la de las especies del pasado.

La abundancia relativa de especies puede ser útil para intentar conocer los hábitats: una gran abundancia de una o dos especies indican generalmente climas extremos, mientras que una mayor diversidad de especies indica un hábitat más equilibrado. Una alta diversidad puede relacionarse con un ecosistema complejo y por tanto con un momento de estabilidad climática. Los cambios climáticos pueden inferirse, por tanto, por cambios de hábitats o crisis ambientales (Andrews, 1990). Por otra parte, la distribución de las especies en el pasado y en el presente pueden reflejar también las preferencias por el hábitat y el clima (Brunet-Lecomte & Delibes, 1984; Michaux, 1995; Montuire et al., 1997; Pokines, 1998; Repenning, 2001; Hernández-Fernández, 2001).

Comúnmente podemos dividir la fauna en dos tipos, la asociada a medios esteparios y la fauna típica de bosque. Los roedores hipsodontos, como los topillos o arvicolininos, se relacionan por lo general con medios abiertos (parecidos a la estepa) y su diversidad suele aumentar con un deterioro climático en el hemisferio norte. Desde comienzos del Pleistoceno se ha producido una gran diversificación, así como un aumento del número de individuos de las especies de dientes sin raíces (Chaline, 1985; Montuire et al., 1997; Repenning, 2001).

Los molares de crecimiento continuo (sin raíces) son indicativos de habitantes de praderas abiertas y un aumento en el número de especies e individuos con este tipo de dentición puede indicarnos la apertura del paisaje en detrimento de la masa forestal (Cuenca-Bescós et al., 2005). Los niveles inferiores de la Sima del Elefante contienen dos especies de *Allophaiomys* (*lavocati-burgondiae* y *nutiensis*), estos aparecen asociados a otros mamíferos que son indicadores de ambientes húmedos incluyendo habitantes de masas continuas de agua como el castor. Este hecho puede corroborarse por la presencia de un topillo posterior *Allophaiomys chalinei* (presente en el yacimiento de Gran Dolina) asociado a ambientes cálidos y acuáticos ya que se halla en el yacimiento lacustre del Pleistoceno Inferior de Pietrafitta (Italia) así como en otros yacimientos españoles de condiciones parecidas (Cuenca-Bescós et al., 2005). Otros roedores muestran preferencias específicas

como el castor siempre cercano al agua o el ratón de campo (*Apodemus*) que habita en bosques (Pokines, 1998).

Los insectívoros son principalmente indicadores de medios húmedos y abiertos, aunque también pueden habitar en márgenes de bosque y en zonas cercanas a estanques y arroyos. Las musarañas de dientes blancos (*Crocidura*) se encuentran en el sur de Europa y norte de África, siendo claros indicadores de un clima mediterráneo (cálido y relativamente seco). En cambio las musarañas de dientes rojos (*Sorex*) necesitan condiciones más templadas y húmedas, típicas de climas holárticos (Rzebik-Kowalska, 1995). Los topos habitan prados abiertos y con cierta humedad. El erizo (*Erinaceus*) se distribuye actualmente por toda Europa occidental habitando medios abiertos con preferencia por los humedales y presencia de bosque, aunque en España está bien adaptado a condiciones secas (Arrizabalaga et al. 1986). *Neomys* y *Galemys* (desmán) son principalmente acuáticos y es probable que el género extinto de *Beremendia* tuviera también predilección por el agua (Cuenca-Bescós et al., 2005).

Según lo dicho anteriormente y basándonos en numerosos estudios previos (Marquet, 1989; Chaline, 1985; Michaux, 1995; Guillem, 1995; Pokines, 1998; Repenning, 2001, López Antoñanzas & Cuenca- Bescós 2002; Cuenca-Bescós et al., 2005) se han agrupado los micromamíferos de la Sima del Elefante en cuatro grupos según su preferencia principal de hábitat (es necesario indicar que éstos son una simplificación y no se han tenido en cuenta los hábitats transicionales entre ellos) (Tabla 2). Los cuatro hábitats, basados en la clasificación propuesta por Cuenca-Bescós et al., 2005, resultantes son:

- 1) Medios abiertos y secos: se caracterizan por ser prados influenciados por los cambios estacionales.
- 2) Medios abiertos y húmedos: representados por praderas de pastos altos, siempre verdes y suelos adecuados para cavar durante todo el año.
- 3) Medios boscosos: se tratan de bosques maduros con poco sotobosque. Incluye los márgenes de bosques y parches boscosos con cobertura vegetal moderada.
- 4) Masas de agua: hacen referencia a ríos, arroyos, lagos, estanques...

Asociación de micromamíferos	Hábitat
<i>Erinaceus, Crocidura</i>	Abierto y seco
<i>Talpa, Sorex, Allophaiomys</i>	Abierto y húmedo
<i>Castillomys, Apodemus, Eliomys, Myotis, Rhinolophus</i>	Bosque
<i>Beremendia, Asoriculus, Desmaninae, Neomys, Arvicolinae, Castor</i>	Masas de agua

Tabla 2: Tabla de hábitats de las asociaciones de los micromamíferos, adaptada para los taxones de la Sima del Elefante (Cuenca-Bescós et al., 2005).

El establecimiento de la división en los hábitats se ha establecido, mediante el Principio de actualismo para aquellas especies que todavía hoy cuenta con representantes como: *Talpa europaea* y *Eliomys quercinus*, lo mismo para aquellos géneros que tienen representantes hoy en día: *Erinaceus, Crocidura, Sorex, Microtus (Allophaiomys), Apodemus, Myotis, Rhinolophus, Neomys, Castor* y *Galemys*. A *Castillomys, Beremendia, Asoriculus* y *Arvicolinae indet.* se les ha asignado el hábitat de la especie actual de mayor semejanza. A la especie *Ungaromys nanus* no se le ha asignado ningún hábitat, por lo que se ha excluido de este estudio (Tabla 3).

NIVELES DEL P. INFERIOR	ABIERTO Y SECO		ABIERTO Y HÚMEDO		BOSQUE		MASAS DE AGUA	
	NMI	%	NMI	%	NMI	%	NMI	%
TE14	2	18,18	8	72,72	0	0	1	9,09
TE13	26	18,96	91	64,84	11	16,02	6	4,35
TE12	22	14,66	94	62,65	21	13,3	12	7,93
TE11	7	30,4	14	60,83	1	4,3	1	4,34
TE10	1	0,79	115	91,14	5	3,96	5	1,96
TE9A <sup>+</sup>	3	1,03	258	88,8	18	5,88	3	1,02
TE9A	24	5,41	379	85,46	14	3,15	9	2,02
TE9B	6	4,41	115	84,55	7	5,13	1	0,73
TE9C	6	4,5	106	84,95	11	8,26	7	5,25
TE8	11	11,7	60	63	18	18,06	4	5,3

Tabla 3: Distribución del número mínimo de individuos (NMI) y la frecuencia de los diferentes hábitats que aparecen en la secuencia de Trinchera Elefante.

Los hábitats abierto-húmedo y abierto-seco son los mejor representados respecto a los otros dos en la secuencia de Trinchera Elefante. Dentro de estos dos hábitats se pueden diferenciar dos partes: la parte inferior de la secuencia (de TE8 hasta TE10) que presenta más del 70 % de animales asociados a los ambientes abierto-húmedo y menos del 20 % de los micromamíferos relacionados con el medio abierto-seco. Cabe subrayar la gran heterogeneidad que presenta el nivel TE9. En la parte superior de la secuencia (de TE11 hasta TE14) se produce una disminución de los primeros hasta porcentajes cercanos al 60 %, mientras que al hábitat abierto-seco crece llegando a picos próximos al 40 %.

Los otros dos hábitats expresados (bosque y masas de agua), muestran un patrón similar: tienen poca representación en los niveles inferiores, aumentando su proporción en los últimos niveles de la secuencia. Se aprecian, por tanto, dos cambios en la secuencia de Trinchera Elefante. El primero de ellos, menos llamativo, se produce en el paso del nivel TE8 a TE9. De manera más clara se observa una variación entre los niveles TE10 y TE11. Llama la atención, además, que en estos últimos niveles los micromamíferos que representan el medio boscoso tienen su máxima aparición, junto con los asociados a masas de agua (Fig. 20).

Cuando observamos la distribución de todos los taxones a lo largo de la secuencia (Fig. 22) estudiada advertimos que la gran abundancia de *A. lavocati-burgondiae* genera prácticamente el 100% del hábitat abierto-húmedo. La alta frecuencia de aparición de esta especie todavía está por esclarecer, sin embargo puede indicar acumulación por parte de un predador selectivo (Bennassar com. pers.). Sin embargo la proporción casi constante y mucho menos abundante a lo largo de toda la secuencia del topillo *Allophaiomys nutiensis*, perteneciente al mismo género, podría contradecir esta idea de predador selectivo. Esto indicaría que la alta proporción de *A. lavocati-burgondiae* es debida exclusivamente al gran tamaño de la comunidad de la especie mencionada. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, se ha preferido realizar de nuevo la interpretación del hábitat, esta vez excluyendo del porcentaje total la especie *A. lavocati-burgondiae* (Fig. 21). De esta manera obtendremos una reconstrucción del hábitat más representativa.

Volvamos a observar la Fig. 22. En el caso de *Crocidura sp.* resalta el paso de una discreta representación (menor del 20 %) en los niveles inferiores a casi la duplicación de su porcentaje en el nivel TE11. Aunque es cierto que el nivel TE11 tiene muy pocos individuos, tan solo 11 NMI, el hecho de que el aumento porcentual de esta musaraña, asociada a ambientes mediterráneos, con el incremento de otras especies como *Apodemus sp.* puede indicar un cambio de las condiciones a condiciones más favorables para su supervivencia.

En cuanto al resto de especies, resalta la frecuencia de aparición de bastantes especies relacionadas con masas de agua. A pesar de que el porcentaje de éstas no llega a ser elevado en ningún punto de la secuencia. La presencia de *Beremendia fissidens*, *Asoriculus gibberodon*, *Galemys cf. kormosi*, *Neomys sp.*, *Arvicolinae indet.* y *Castor sp.*, todos ellos

relacionados con el medio acuático (por ejemplo: el actual género *Neomys* se conoce comúnmente como musarañas de agua y *Galemys* es conocido también como topo de río), nos habla de la presencia casi permanente de masas de aguas cercanas a lo que hoy es la Sima del Elefante durante el Pleistoceno Inferior. En cambio esta alta frecuencia de especies acuáticas no aparece en otros yacimientos más modernos de la misma Sierra de Atapuerca.

Vamos a analizar ahora la evolución del hábitat en la secuencia cuando descartamos el porcentaje de la especie *A. lavocati-burgondiae* (Fig. 21). Se observa que el patrón de hábitats no difiere demasiado del realizado con la proporción de todos los taxones, quizá presente ciertas matizaciones. Los taxones relacionados con masas de agua presentan una distribución más o menos regular a lo largo de la secuencia, esto es algo que ya se había comentado anteriormente, pero ahora podemos apreciar pequeñas variaciones significativas. Por ejemplo el aumento de la proporción de estos taxones en los niveles TE10 y TE14, coincidiendo con momentos de mayor porcentaje de especies de condiciones húmedas o la disminución en el nivel TE11 con el máximo desarrollo del hábitat abierto seco. Lo mismo ocurre con el hábitat boscoso. Se encuentra representado de una manera regular a lo largo de toda la secuencia presentando pequeñas fluctuaciones en los niveles en los que se produce un cambio de condiciones, aumento de la humedad (TE9a) y brusco aumento de condiciones más secas (TE11). Estas oscilaciones del medio boscoso puede deberse a momentos de crisis del ecosistema como consecuencia del cambio ambiental y posterior estabilidad.

Cuando nos fijamos en los hábitats abierto-seco y abierto-húmedo vemos, de la misma manera que veíamos anteriormente, que en la secuencia se reconocen dos cambios principales, aunque ahora podemos concretar mejor los niveles en los que se producen. El primero de ellos se produce en los niveles TE9a-TE9a+ con un aumento de la proporción de taxones que representan el medio abierto-húmedo. Posteriormente, en el nivel TE11 se produce el máximo de habitantes de hábitat abierto seco con una disminución brusca de los que representan condiciones más húmedas.

Una vez realizado el estudio de la evolución del hábitat con todos los taxones y excluyendo el más abundante de ellos, podemos decir que los resultados obtenidos no difieren demasiado entre sí y que en ambos puede reconocerse una evolución de hábitats que varía de condiciones secas-húmedas-secas a lo largo de la secuencia. Por tanto, aunque la acumulación se hubiera producido por un predador selectivo generando un exceso de acumulación de una o dos especies la metodología utilizada en este trabajo parece ser útil para establecer variaciones ambientales a lo largo de una secuencia.

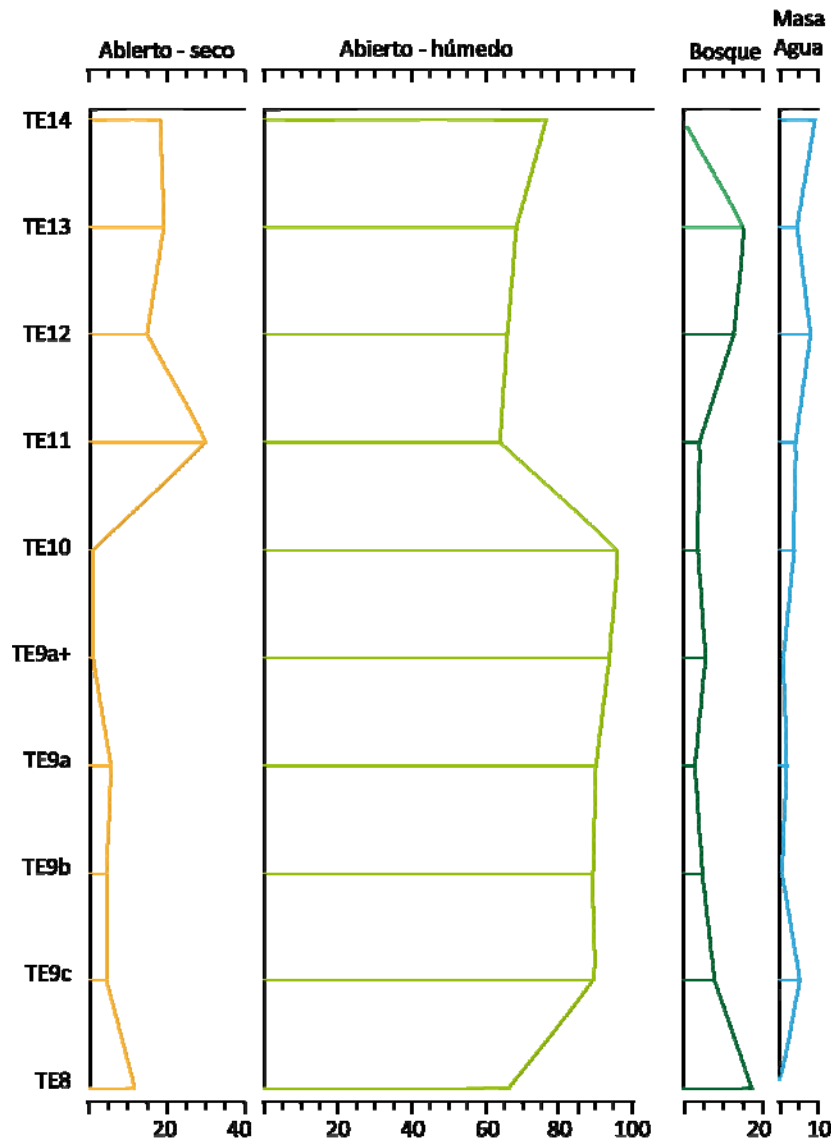


Fig. 20: Interpretación del hábitat para la asociación de micromamíferos de la secuencia de Trinchera Elefante (niveles de TE8 hasta TE14).

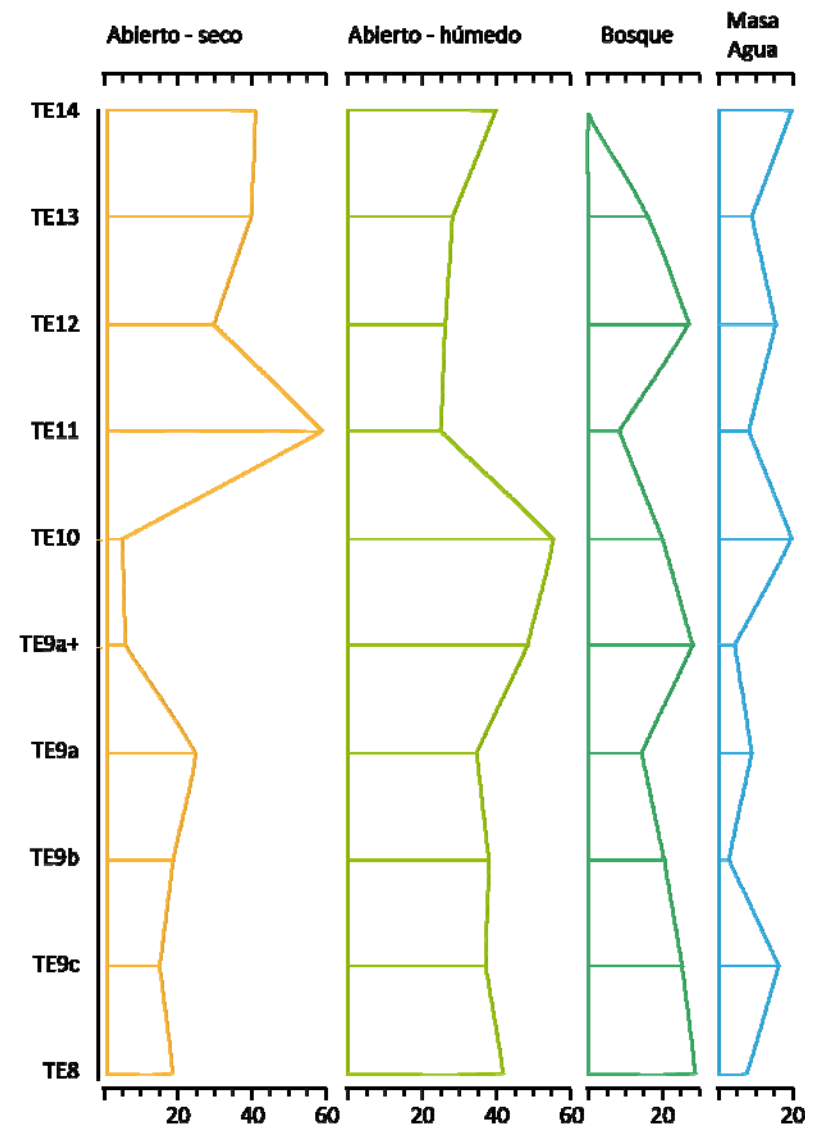


Fig. 21: Interpretación del hábitat para la asociación de micromamíferos de la secuencia de Trinchera Elefante (niveles de TE8 hasta TE14), excluyendo el taxón *Allophaiomys lavocati-burgondiae*.

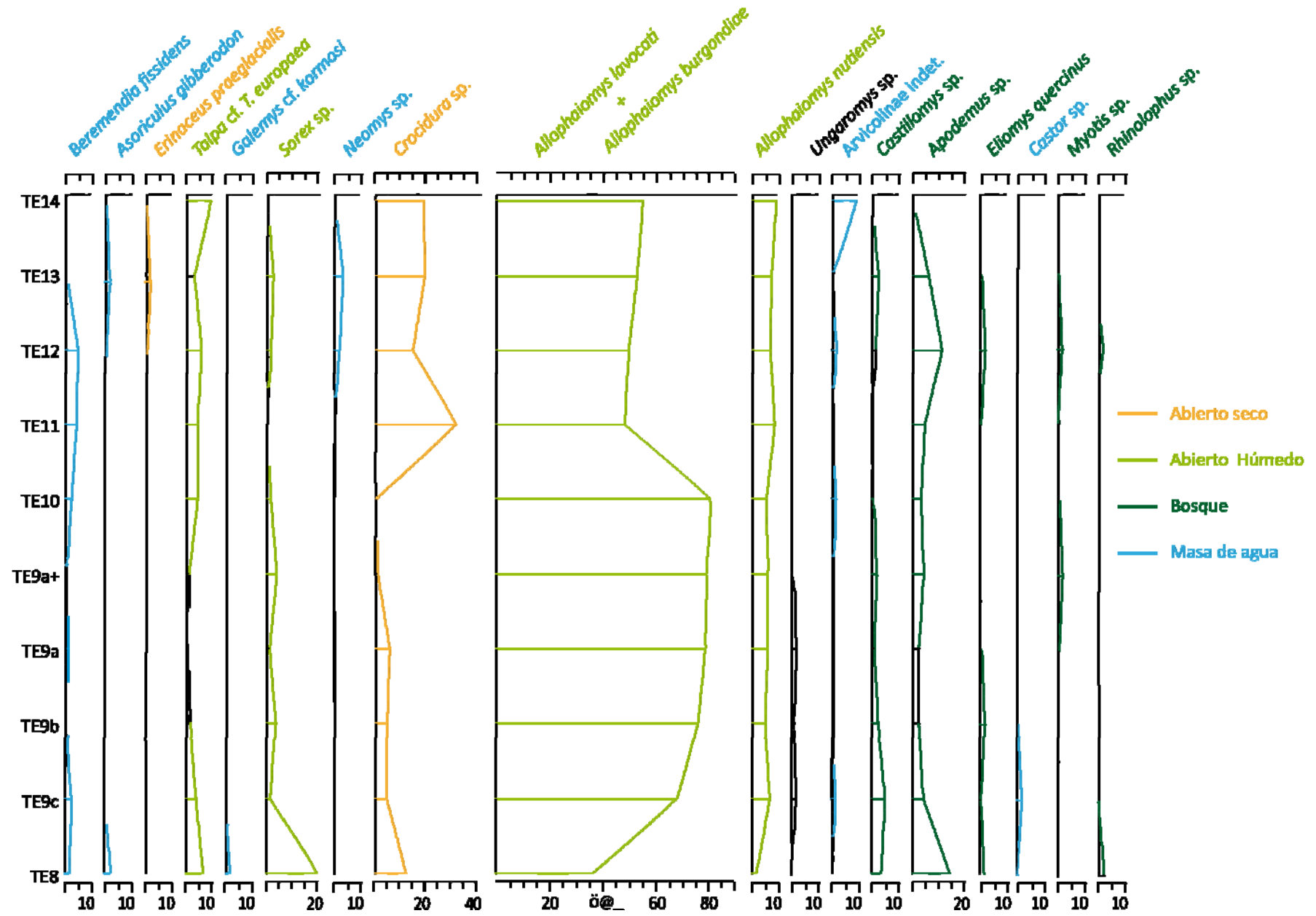


Fig. 22: Distribución estratigráfica de la asociación de micromamíferos de Trinchera Elefante. El NMI está expresado en porcentaje.



### 5.3 ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD

La diversidad específica de un ecosistema es una medida de la heterogeneidad de una comunidad. Esta diversidad específica expresa la relación que existe entre el número de especies de la comunidad (riqueza de especies) y la distribución de los individuos entre las distintas especies (uniformidad) (Magurran, 2005). Como ya hemos comentado los índices que se han utilizado en este trabajo son el índice de Shannon (H) y el índice de Simpson (L).

Los valores absolutos del índice de Shannon carecen de significado si se consideran de manera aislada pero las variaciones de la diversidad específica en una secuencia de yacimientos puede ser una herramienta útil para evaluar los cambios ambientales durante un determinado intervalo de tiempo (Minwer-Barakat, 2005). De la misma manera, si estudiamos las variaciones de la diversidad en una secuencia estratigráfica de un yacimiento, en nuestro caso la Sima del Elefante, que comprenda un periodo relativamente amplio de tiempo, podemos establecer los cambios ambientales en el intervalo de tiempo que comprende ese yacimiento.

La relación entre la diversidad de micromamíferos y la vegetación parece ser estrecha. La complejidad y heterogeneidad vegetal favorecerá una alta diversidad. Los ambientes con una estructura vegetal poco compleja (tundra) presentan una diversidad de especies menor que otros ambientes de mayor complejidad vegetal (bosques tropicales), debido a la existencia de un mayor número de nichos ecológicos disponibles en estos últimos. De la misma manera la presencia de diferentes biotopos en una misma área (heterogeneidad espacial de la vegetación) se relaciona directamente con el aumento de la diversidad (Williams et al., 2002)

En el estudio de la diversidad de los niveles del Pleistoceno Inferior de Trinchera Elefante se ha calculado, por un lado, el índice de Shannon. Este es un índice de uniformidad y crece con ésta. Su valor será máximo cuando todas las especies de una muestra tengan la misma frecuencia. También se ha calculado el índice de dominancia de Simpson, este adquiere su valor máximo cuando hay uno o varios taxones dominantes y disminuye cuando todos los taxones son igual de frecuentes. El índice de Shannon y el índice de Simpson son, por tanto, contrarios y cuando uno aumenta el otro disminuye. Los valores obtenidos sobre la uniformidad y dominancia de los taxones de micromamíferos de Trinchera Elefante se muestran en la siguiente tabla:

	H	L	NMI
TE 14	1,29	0,29	11
TE 13	1,6	0,31	137
TE 12	1,76	0,28	150
TE 11	1,33	0,3	23
TE 10	0,87	0,64	126
TE9 a+	0,97	0,61	290
TE9 a	0,97	0,61	443
TE9 b	1,08	0,56	136
TE9 c	1,35	0,46	133
TE 8	1,88	0,2	94

Tabla 4: Índices de Shannon (H), Simpson (L) y NMI de los niveles de Trinchera Elefante, desde TE8 hasta TE14.

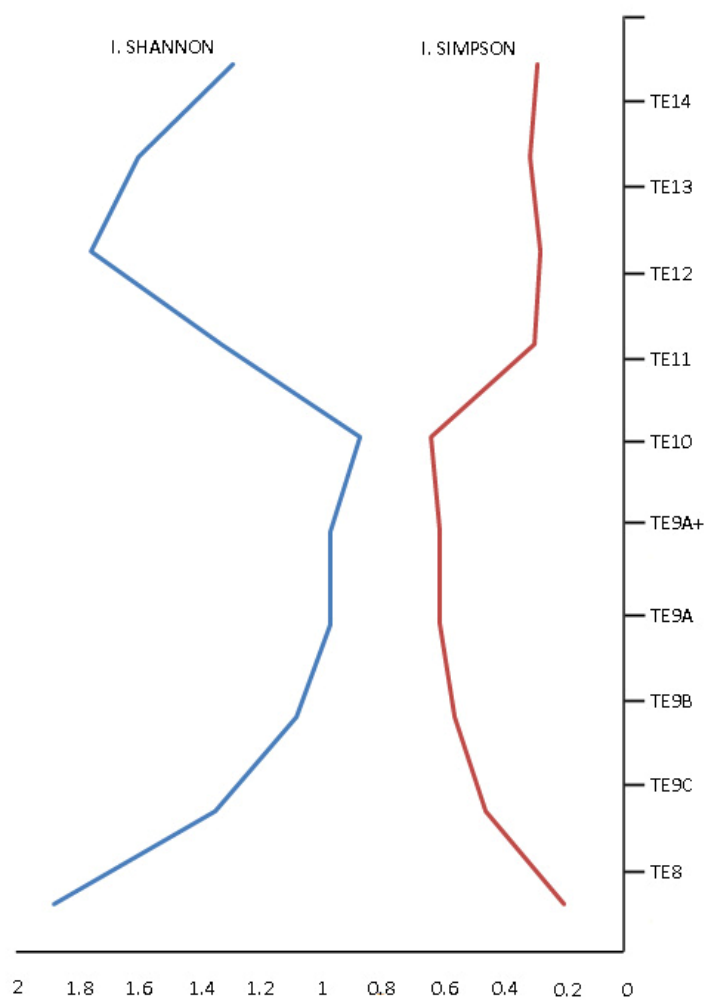


Fig. 23: Representación gráfica de los índices de Shannon y Simpson a lo largo de la secuencia de Trinchera Elefante.

Al observar los datos obtenidos tras el análisis de biodiversidad (Fig. 23), encontramos dos momentos de máxima diversidad. El primero de ellos localizado en el nivel TE8 con un valor próximo a 2 y posteriormente con un pequeño descenso hasta 1.8, en el nivel TE12. En los niveles situados entre estos dos se produce un descenso de la diversidad. Es en estos niveles (de TE9 hasta TE11) donde existe una mayor dominancia (0.6 en el índice de Simpson) de la especie *Allophaiomys lavocati-burgondiae*.

Los valores más altos de diversidad (TE8 y TE12) pueden ser reflejo de ambientes con una vegetación más heterogénea, con gran variabilidad de biotopos: bosques, praderas, humedales, áreas rocosas... y unas condiciones climáticas estables y óptimas para la existencia de diversas especies. Por el contrario los valores de diversidad más bajos (de TE9a hasta TE10) pueden corresponder a momentos de vegetación más homogénea, con poca variación de biotopos y unas condiciones climáticas poco previsibles.

## 6 DISCUSIÓN

El estudio de los micromamíferos de la Sima del Elefante nos ha aportado datos climáticos y ambientales para el Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca. Para ello se ha estudiado la asociación faunística de micromamíferos de los niveles de Trinchera Elefante desde TE8 hasta TE14, teniendo en cuenta la subdivisión del nivel TE9 en TE9c, TE9b, TE9a y TE9a+. Se han identificado 18 taxones que se dividen en tres órdenes: Insectívora, Chiroptera y Rodentia, siendo más abundantes los taxones de este último orden, en concreto el topillo *Allophaiomys lavocati-burgondiae*. De entre los insectívoros el más abundante es *Crocidura sp.* Como ya se ha explicado los primeros se asocian con ambientes abiertos y de tipo estepario mientras que las especies incluidas en el género *Crocidura* se relacionan con medios abiertos, secos y de cierta calidez.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se realiza la siguiente propuesta: en la secuencia de Trinchera Elefante se registran tres fases climáticas distintas (Fig. 24), que se detallan a continuación.

**FASE 1:** Comprende los niveles inferiores de la secuencia (de TE8 hasta TE9a+). En ellos existe una alta diversidad de especies, indicativa de un momento de estabilidad y bondad climática. Además las especies relacionadas con ambientes abiertos-secos presentan una importante representación. Por tanto esta fase sería un momento relativamente seco.

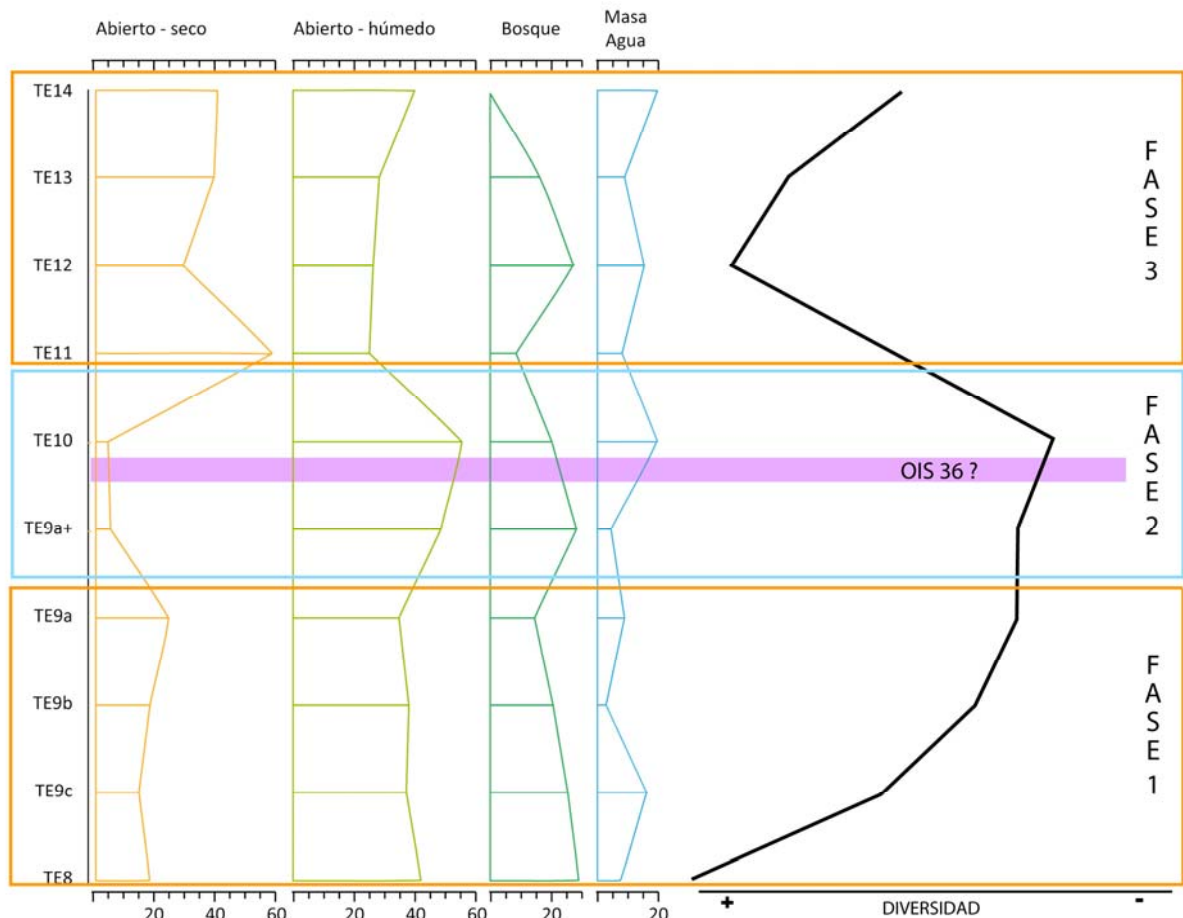
**FASE 2:** Esta segunda fase incluye los niveles que van desde TE9a+ hasta TE11. Estos niveles coinciden con los valores de diversidad más bajos y una alta dominancia, lo que parece indicar un momento de inestabilidad climática. En cuanto a los hábitats, se produce una disminución de los taxones asociados con medios abiertos y secos, mientras que se produce un aumento de los taxones que representan hábitats abiertos y húmedos. En la fase 2 se produciría un aumento de la humedad con respecto a la fase anterior.

**FASE 3:** Incluye los niveles desde TE11 hasta el final de la secuencia, TE14. En este intervalo se produce un aumento de la diversidad, alcanzando el máximo valor en el nivel TE12. En este nivel aparece el mayor número de taxones y con proporción similar, lo que indica un momento de estabilidad climática favorable para la mayoría de las especies. El ambiente abierto-seco presenta un incremento considerable mientras que el ambiente abierto-húmedo y en especial el boscoso se ven reducidos, éste último hasta más de la mitad. Esto podría significar una apertura del paisaje, con pérdida de la masa boscosa. En esta fase el clima es más seco favoreciendo la alta frecuencia de taxones adaptados a estas condiciones como *Crocidura sp.*

En general, el hábitat durante el Pleistoceno Inferior en la Sierra de Atapuerca puede entenderse como un medio abierto, praderas, con fluctuaciones en la humedad posiblemente influenciadas por variaciones climáticas. El hábitat de bosque puede interpretarse como un bosque abierto sin mucha vegetación arbustiva. Este medio boscoso podría estar sujeto a las fluctuaciones de humedad, perdiendo masa forestal en los momentos de menor humedad, como en el nivel TE11. Los taxones relacionados estrechamente con el medio acuático están presentes en toda la secuencia indicando la presencia de masas de aguas casi constantes durante el Pleistoceno Inferior en las inmediaciones de la Sima del Elefante.

Teniendo en cuenta la cronología del yacimiento Trinchera Elefante (1.22 Ma.) y que la secuencia estudiada se sitúa por completo dentro del cron inverso de Matuyama, podemos situar el yacimiento dentro de un periodo relativamente cálido (Waalian-Menapian). Este hecho está corroborado además por la asociación faunística (macro y microfauna) típica de paisajes abiertos y boscosos cálidos (Cuenca-Bescós & García, 2007) La existencia de niveles en los que la diversidad de la comunidad disminuye favoreciendo la dominancia de una especie respecto a las demás implica una inestabilidad en el ecosistema debida, probablemente, a un enfriamiento respecto al momento cálido en el que se engloba. Por tanto podríamos hablar de una alternancia de periodos cálido-frío-cálido que corresponderían a las Fase 1-Fase 2-Fase 3 descritas.

Para que un enfriamiento se haya registrado en esta secuencia del Pleistoceno Inferior, recordamos que se engloba en un momento considerado en general más cálido que los momentos que le van a suceder posteriormente, parece lógico pensar que este enfriamiento debió de ser un momento especialmente frío y relativamente largo en el tiempo como para producir una inestabilidad en el ecosistema y la sustitución de faunas asociadas a medios cálidos y secos por otras mejor adaptadas a un ambiente más fresco y húmedo. Pensando en la importancia que pudo tener este enfriamiento, y por cronología, es posible que este relativo enfriamiento pueda correlacionarse con el estadio isotópico marino 36 (Fig. 24).



**Fig. 24:** Evolución de los hábitats a lo largo de la secuencia de la Sima del Elefante. Esta evolución se ha asociado con la existencia de tres fases diferentes: Fase 1 (cálida-seca), Fase 2 (fría-húmeda) y Fase 3 (cálida-seca). Así mismo se propone la relación del momento de menor diversidad con el estadio isotópico 36.

Quiero hacer constar aquí que, basándonos en los datos de los que se disponen, las distintas fases que se han propuesto sólo nos indican variaciones ambientales respecto a la humedad del medio. Por lo que las demás consideraciones acerca de los cambios climáticos y momentos de glaciación deben ser tenidas en cuenta tan sólo como hipótesis.

## 7 CONCLUSIONES

A continuación se sintetizan las conclusiones obtenidas a partir del estudio de la biodiversidad de micromamíferos del yacimiento del Pleistoceno Inferior, Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca).

1) Se han identificado mediante sistemática paleontológica 18 taxones. 8 roedores: *Allophaiomys lavocati-burgondiae*, *Allophaiomys nutiensis*, *Ungaromys nanus*, Arvicolinae indet., *Castillomys rivas*, *Apodemus sp.*, *Castor sp.* y *Eliomys quercinus*. 8 insectívoros: *Beremendia Fissidens*, *Asoriculus gibberodon*, *Erinaceus cf. praeglacialis*, *Talpa cf. europaea*, *Galemys cf. kormosi*, *Sorex sp.*, *Neomys sp.*, y *Crocidura sp.* y 2 quirópteros: *Myotis sp.* y *Rhinolophus sp.* No se han reconocido algunas de las especies propuestas previamente por lo que es necesario realizar una revisión de la lista faunística de los micromamíferos de los niveles inferiores de Sima del Elefante.

2) Mediante el cálculo el número mínimo de individuos se ha obtenido un total de 1548 individuos en las muestras analizadas. Las especies mejor representadas son *Allophaiomys lavocati-burgondiae* (1062), *Crocidura sp.* (106), *Allophaiomys nutiensis* (92) y *Apodemus sp.* (71). El nivel con mayor NMI es el nivel TE9a, donde se han contabilizado hasta 443 individuos.

3) Es preciso conocer los procesos de acumulación y tafonómicos de la asociación de micromamíferos de la Sima del Elefante. De este modo sabremos si la asociación preservada es representativa de la comunidad de micromamíferos que habitaba en la Sierra de Atapuerca durante el Pleistoceno Inferior.

4) Los taxones reconocidos pueden distribuirse en cuatro hábitats principalmente: abierto-seco, abierto-húmedo, boscoso y masas de agua. Los dos primeros hábitats están mejor representados que el bosque y las masas de agua por lo que en general interpretamos el medio como una pradera sensible a los cambios ambientales con zonas boscosas de escaso sotobosque. Las masas de agua serían frecuentes y más o menos estables en el tiempo en las cercanías de la entrada de la cavidad.

5) La evolución temporal de los hábitats muestra dos cambios significativos a lo largo de la secuencia. Puede resumirse como el paso de un momento en el cual todos los hábitats están representados, a un momento posterior con incremento de las especies adaptadas a condiciones de mayor humedad y de nuevo un cambio ambiental a condiciones más áridas.

6) La biodiversidad de micromamíferos de la Sima del Elefante es, en general alta. Es especialmente importante en los niveles más inferiores de TE8 hasta TE9b y en los niveles superiores que van desde TE11 hasta TE14, existiendo el máximo de diversidad representada en el nivel TE12. Se produce una importante disminución en los niveles intermedios, hecho que puede asociarse con una inestabilidad del ecosistema producida por un cambio climático, este podría corresponder al enfriamiento globalizado representado como el estadio isotópico marino 36 (OIS 36).

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, J. (1982). Los roedores (Mammalia) del Pleistoceno Inferior de la "Cueva Victoria" (Murcia, España). *Endins.*, 9, 49-55.
- Agustí, J. (1985). Bioestratigrafía de los depósitos Plio-Pleistocenos de la depresión Guadix-Baza (Prov. Granada). *Paleontologia i Evolució* ; 18, 13-18.
- Agustí, J. (1986). Synthèse Biostratigraphique du Plio-Pléistocène de Guadix-Baza (Province de Granada, Sud-Est d L'Espagne). *Geobios*19 (4), 505-510.
- Agustí, J. y Galobart, A. (1986). La sucesión de micromamíferos en el complejo cárstico de Casablanca (Almenara, Castellón): problemática biogeográfica. *Paleontologia i evolució* 20, 57-62.
- Agustí, J., Arbiol, S. y Martín Suárez, E. (1987). Roedores y Lagomorfos (Mammalia) del Pleistoceno inferior de Venta Micena (depresión de Guadix-Baza, Granada). *Paleontologia i evolució*. Mem. Esp.1, 95-107.
- Agustí, J. (1990). The plio-pleistocene arvicolid succession in southern and eastern Spain. *Int. Symp. Evol. Phyl. Biostr. Arvicolids*, 21-32.
- Agustí, J. y Moyà-Solà, S. (1991). Les faunes de mammifères du Pléistocène inférieur et moyen de l'Espagne: implications biostratigraphiques. *L'Anthropologie* 95 (4), 753-764.
- Agustí, J. y Madurell, J. (2003). Los Arvicolidos (Muroidea, Rodentia, Mammalia) del Pleistoceno inferior de Barranco León y Fuente Nueva 3 (Orce, Granada). Datos preliminares. *El Pleistoceno Inferior de barranco León y Fuente Nueva 3, Orce (Granada)*, Coord: Toro, I., Agustí, J. y Martínez-Navarro, B. *Arqueología Monografías*. Consejería de Cultura de la junta de Andalucía, 137-145.
- Andrews, P. (1990a). Small Mammal taphonomy. In: *European Neogene Mammal Chronology* (E.H. Lindsay et al., eds.), 487-494.
- Andrews, P. (1990b). *Owls, Caves and Fossils: predation, preservation and accumulation of small mammal bones in caves, with analysis of the Pleistocene cave faunas from Westbury- sub-Mendip, Somerset, UK*. British Museum (Natural History), Published by NHM, London, 231 pp.
- Arrizabalaga I Blanch, A., Montagud I Blas, E. & Gosálbez I Noguera, J. (1986). *Introducció a la Biologia I Zoogeografia dels petits maífers (Insectívors i Rosegadors) del Montseny (Catalunya)*. Papers de Treball, Generalitat de Catalunya, CIRIT.
- Benito Calvo, A. (2004). *Análisis geomorfológico y reconstrucción de paleopaisajes neógenos y cuaternarios en la sierra de Atapuerca y el valle medio del río Arlanzón*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 381 pp.
- Bishop, M. J. (1982). The mammal fauna of the Early Middle Pleistocene Cavern infill Site of Western-Sub-Mendip Somerset . *Special papers in Paleontology*, 28, 1-108.
- Blain, H-A. (2003). Los anfibios y reptiles de los yacimientos del Pleistoceno inferior de Barranco León y Fuente Nueva-3 (Orce, Granada, España). *El Pleistoceno Inferior de barranco León y Fuente Nueva 3, Orce (Granada)*, Coord: Toro, I., Agustí, J. y Martínez-Navarro, B. *Arqueología Monografías*. Consejería de Cultura de la junta de Andalucía, 159-172.
- Blanco, J.C. (1998a). *Mamíferos de España I. Insectívoros, Quirópteros, Primates y Carnívoros de la Península Ibérica, Baleares y Canarias*. Planeta.



- Blanco, J.C. (1998b). Mamíferos de España II. Cetáceos, Artiodáctilos, Roedores y Lagomorfos de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. Planeta.
- Brunet-Lecomte, P. & Delibes, M. (1984). Alimentación de la lechuza común *Tyto alba* de la Cuenca del Duero, España. Doñana, Acta Vertebrata, 11, 213-229.
- Carbonell, E., Bermudez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Díez, J.C., Rosas, A., Cuenca-Bescós, f., Sala, R., Mosquera, M. y Rodríguez, X. P. (1995). Lower Pleistocene Hominids and Artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain) . Science, 269, 826-832.
- Carbonell, E., Bermudez de Castro, J.M., Parés, J.M., Pérez-González, A., Cuenca-Bescós, G., Ollé, A., Mosquera, M., Huguet, R., van der Made, J., Rosas, A., Sala, R., Vallverdú, J., García, N., Granger, D.E., Martínón-Torres, M., Rodríguez, X.P., Stock, G.M., Vergès, J.M., Allué, E., Burjachs, F., Cáceres, I., Canals, A., Benito, A., Díez, C., Lozano, M., Mateos, A., Navazo, M., Rodríguez, J., Rosell, J. & Arsuaga, J.L. (2008). The first hominin of Europe . Nature, 425, 465-470.
- Castillo Ruiz, C. (1990). Paleocomunidades de Micromamíferos de los Yacimientos kársticos del Neógeno Superior de Andalucía Oriental. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 225 pp.
- Chaline, J. (1971). L'âge des Hominiens de la Caune de l'Arago à Tautavel (Pyrénées-Orientales), d'après l'étude des Rongeurs. C. R. Acad. Sc. Paris 272, D, 1743-1746.
- Chaline, J. (1971). El Cuaternario: la historia humana y su entorno. Madrid. Akal.
- Chaline, J. & G. Alcalde (1983). Los roedores y la prehistoria. Revista de Arqueología, 25, 6-11.
- Chaline, J. (1985). Histoire de l'homme et des climats au quaternaire. Doin, Paris.
- Chaline, J., Brunet-Lecomte, P. & Campy, M. (1995). The last glacial/interglacial record of rodent remains from the Gigny karst sequence in the French Jura used for palaeo-climatic and palaeoecological reconstructions. Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeoecology, 117, 229-252.
- Cuenca, G. (1990). Glires (Roedores y Lagomorfos). Paleontología. Mamíferos. Paraninfo, Madrid. Ed: B. Meléndez Paraninfo 3 (7), 269-312.
- Cuenca - Bescós, G., Canudo, J. I. y Laplana, C. (1995). Los Arvicolidos (Rodentia, Mammalia) de los niveles inferiores de Gran Dolina (Pleistoceno Inferior, Atapuerca, Burgos, España). Revista Española de Paleontología 10 (2), 202-218.
- Cuenca Bescós, G., Canudo, J.I. & Laplana, C. (1998). Importancia biocronológica y paleoclimática de los roedores en los yacimientos de homínidos del Pleistoceno inferior y medio de Atapuerca (Burgos). In: Atapuerca y la evolución humana, 75-96.
- Cuenca Bescós, G., Canudo, J.I., Laplana, C. (2001). La séquence des rongeurs (Mammalia) des sites du Pléistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne). L'Anthropologie. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS. 105 (1), 115-130.
- Cuenca Bescós, G. y Rofes Chávez, J. (2004). Insectívoros (Mammalia), clima y paisaje de los niveles inferiores de Trinchera Elefante (Pleistoceno Inferior, Atapuerca). In: BAQUEDANO, E. & RUBIO JARA, S. (Ed): Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre. Zona Arqueológica, Alcalá de Henares.II: Paleontología, Zona Arqueológica 4. Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, Spain, 150-156.
- Cuenca Bescós, G., Rofes, J. & García Pimienta, J. (2005). Environmental change across the Early-Middle Pleistocene transition: small mammalian evidence from the Trinchera Dolina cave, Atapuerca, Spain. In: HEAD,

M.J. & GIBBARD, P.L. (Eds.): Early-Middle Pleistocene Transitions: The Land-Ocean Evidence. Geological Society. London, Special Publications, 247, 277-286.

Cuenca-Bescós, G. & García-García, N. (2005). The mammal succession from the Early to the Middle Pleistocene of Sierra de Atapuerca: environmental transition recorded on Trinchera Dolina and Trinchera Elefante sites. Cadre Biostratigraphique de la fin du Pliocène et du Pleistocène inférieur (3Ma a 780 000 ans) en Europe Meridionale. Musée Départemental des Merveilles. Tende, Alpes Maritimes, France. 20-22 May 2005, 34-35.

Cuenca-Bescós, G. & García, N. (2007). Biostratigraphic succession of the Early and Middle Pleistocene mammal faunas of the Atapuerca cave site (Burgos, Spain). Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 259, 99-110.

Crusafont, M., De Villalta, J.P., Bataller, J.R. (1948). Los castores fósiles de España. Bol. Inst. Geol. Min. Esp., 61, 321-449.

Esteban Aenlle, J. y López Martínez, N. (1987). Les Arvicolidés (Rodentia, Mammalia) du Villanien récent de Casablanca I (Castellón, Espagne). Geobios20 (5), 591-623.

Fernández Jalvo, Y. (1990). Tafonomía de micromamíferos en Gran Dolina, Atapuerca (Burgos). Com. Reunión de Tafonomía y Fossilización. Madrid, 95-104.

Fernández Jalvo, Y. y Andrews, P. (1992). Small Mammal Taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. Journal of Archaeological Science19, 407-428.

Fernández Jalvo, Y. (1992). Tafonomía de Microvertebrados del Complejo cársico de Atapuerca (Burgos). Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Geológicas, Departamento de Paleontología, 1-545.

Furió Bruno, M. (2003). Los Insectívoros (Mammalia) del Pleistoceno Inferior de Fuente Nueva 3 y Barranco León (Orce, Granada). El Pleistoceno Inferior de barranco León y Fuente Nueva 3, Orce (Granada), Coord: Toro, I., Agustí, J. y Martínez-Navarro, B. Arqueología Monografías. Consejería de Cultura de la junta de Andalucía, 147-157.

Furió Bruno, M. (2007). Los insectívoros (Soricomorpha, Erinaceomorpha, Mammalia) del Neógeno superior del Levante ibérico. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona, Departament de Geologia, 1-299.

Gil, E. & Sesé, C. (1984). Micromamíferos del nuevo Yacimiento Villafranquiense de Casablanca I (Almenara, prov. de Castellón). Estudios geológicos 40, 243-249.

Gil, E. & Sesé, C (1985). Micromamíferos (Insectívora, Rodentia y Lagomorpha) del nuevo yacimiento Villafranquiense de Casablanca B (Almenara, provincia de Castellón). Estudios Geol.41, 495-501.

Gil, E. (1988). Los castores del Pleistoceno medio de Atapuerca (Burgos, España). Geogaceta, 5, 46-48.

Guillem, P. (1995). "Paleontología continental: microfauna." El Cuaternario del País Valenciano. Universidad de Valencia. Valencia, 227-233.

Laplana, C. (1999). Presencia de *Microtus (Allophaiomys) chalinei* ALCALDE et al., 1981 (Arvicolidae, Rodentia) en el yacimiento de Bagur 2 (Pleistoceno Inferior, Girona, España). Treballs del Museo de Geologia de Barcelona8, 25-32.

Laplana, C. & Cuenca Bescós, G. (2000). Una nueva especie de *Microtus (Allophaiomys)* (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) en el Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España). Revista Española de Paleontología, 15, 77-87.

Lavocat, R. (1956). La faune de rongeurs des grottes à Australopithèques. Paleontologia Africana, 4, 69-75.

- López Antoñanzas, R. & Cuenca Bescós, G. (2002). The Gran Dolina Site (Lower to Middle Pleistocene, Atapuerca, Burgos, Spain): new palaeoenvironmental data based on the distribution of small mammals. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 186, 311-334.
- López-García, J.M. (2006). Estudio de los Roedores, Insectívoros, Quirópteros y Anuros del Holoceno de la cueva del Mirador (Atapuerca, Burgos). Tesis de licenciatura. Universitat Rovira i Virgili, 1-141.
- López-García, J. M., Blain, H.-A., Rofes, J., **Melero-Rubio, M.**, Galindo, M. A. y Cuenca-Bescós, G. (en prensa) Evolution de la Biodiversité des petits vertébrés continentaux dans le Nord de l'Espagne (Atapuerca, Burgos) pendant le Pléistocène. Colloque International Q6. Biodiversité au Quaternaire. Climats, Environments et pleuplements. Quaternaire.
- Magurran A.E. (2005). *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd.
- Margalef, R. (1986). *Ecología*. Ed. Omega. 951 pp.
- Marquet, J. C. (1989). Paleoenvironnement et Chronologie des sites du domaine Atlantique français du Pleistocene moyen et supérieur d'après l'étude des rongeurs. PhD Thesis. Université de Bourgogne.
- Martín Suárez, E. (1988). Sucesiones de micromamíferos en la depresión de Guadix-Baza (Granada, España). Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 241 pp.
- Martín-Suárez, E. (1988). Une nouvelle espèce d'Apodemus (Rodentia, Mammalia) du Pliocène de la Dépression de Guadix-Baza (Grenade, Espagne). *Geobios*21 (4), 523-529.
- Martín Suárez, E. & Mein, P. (1991). Revision of the genus *Castillomys* (muridae, rodentia). *Scripta Geologica*, 96, 47-81.
- Michaux, J. (1995). Past and present distribution of rodents in Southwestern Europe: evidence for dating the Mediterranean Climate. In: ARSON, J. & DI CASTRI, A. (Eds) *Time Scales of Biological Responses to Water Constraints*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 189-199.
- Minwer-Barakat, R. (2005). Roedores e insectívoros del Turolense superior y el Plioceno del sector central de la Cuenca de Guadix. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 548 pp.
- Montoya, P.; Alberdi, M. T.; Barbadillo, L.J.; Made, van der J.; Marín, J.M.; Morales, J.; Murelaga, X.; Peñalver, E.; Robles, F.; Ruiz Bustos, A.; Sánchez, A.; Sanchiz, B.; Soria, D. y Szyndlar, Z. (2001). Une faune très diversifiée du Pléistocène inférieur de la Sierra de Quibas (Province de Murcia, Espagne). *Earth and Planetary Sciences* 332, 387-383.
- Montuire, S., Michaux, J., Legendre, S. & Aguilar, J.P. (1997). Rodents and climate. A model for estimating past temperatures using arvicolidids (Mammalia: Rodentia). *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 128, 187-206.
- Moyà-Solà, S., Agusti, J.; Pons-Moyá, J.; Gibert, J. (1981). El yacimiento cuaternario de Venta Micena (España) y su importancia dentro de las asociaciones faunísticas del Pleistoceno inferior europeo. *Paleontología i Evolució*16, 39-53.
- Pazonyi, P. (2004). Mammalian ecosystem dynamics in the Carpathian Basin during the last 27.000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 212, 295-314.
- Pérez-González, A., Parés, J.M., Carbonell, E., Aleixandre, T., Ortega, A.I., Benito, A., Martín Merino, M.A. (2001). Géologie de la Sierra de Atapuerca et stratigraphie des remplissages karstiques de Galeria et Dolina (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, 105, 27-43.
- Pokines, J.T. (1998). The Paleocology of Lower Magdalenian Cantabrian Spain. *BAR International Serie*, 713.

- Repenning, C. A. y Fejfar, O. (1982). Evidence for earlier date of 'Ubeidiya, Israel, hominid site. *Nature*, 299 (5881), 344-347.
- Repenning, C.A. (2001). Beringian climate during intercontinental dispersal: a mouse eye view. *Quaternary Science Reviews*, 20, 25-40.
- Reumer, J.W.F. (1995). The evolution of shrews (Mammalia, Soricidae): A key role for humidity. *Geobios*, 18, 367-372.
- Rofes Chávez, J. y Cuenca Bescós, G. (2003). Insectívoros (Mammalia), clima y paisaje de los niveles inferiores de Trinchera Elefante (Pleistoceno Inferior, Atapuerca). En M. V. Pardo Alonso y R. Gonzalo (Eds.): Libro de Resúmenes de las XIX Jornadas de Paleontología, Morella 2003.
- Rofes Chávez, J. y Cuenca Bescós, G. (2004). Primera Evidencia de *Asoriculus gibberodon* Pétenyi, 1864 (Insectívora, Mammalia) en la Trinchera del Elefante (Sierra de Atapuerca, España). Libro de Resúmenes de las XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Alcalá de Henares 2004, 162.
- Rofes, J. & Cuenca-Bescós, G. (2004). Small Mammals from the Spanish Pleistocene sites of Atapuerca. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 24 (3), 105A.
- Rofes Chávez, J. y Cuenca-Bescós, G. (2005). Primera evidencia de *Beremendia fissidens* (Insectívora, Mammalia) en la Trinchera del Elefante (Sierra de Atapuerca, España). Libro de Resúmenes de las XXI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Sevilla 2005, 139-140.
- Rofes, J. and Cuenca-Bescós, G. (2006). First evidence of the Soricidae (Mammalia) *Asoriculus gibberodon* (Pétenyi, 1864) in the Pleistocene of North Iberia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 112(2), 301-315.
- Rosas, A., Pérez-González, A., Carbonell E., Made, J.v.d, Sánchez, A., Laplana, C., Cuenca-Bescos, G., Parés, J.M., y Huguet, R. (2001). Le gisement pléistocène de la "Sima del elefante" (Sierra de Atapuerca, Espagne). *L'Anthropologie*. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS.105 (2), 301-312.
- Rosas, A., Huguet, R., Pérez-González, A., Carbonell, E., Vallverdú, J.van der Made, J., Allué, E., García, N., Martínez-Pérez, R., Rodríguez, R. Sala, R., Saladie, P., Simón, G., Martínez-Maza, C., Bastir, M., Sánchez, A. and Parés, J.M. (2004). Initial approach to the site formation and Paleocology of the "Sima del Elefante": a Pleistocene karst locality at Atapuerca Hill. In: E. BAQUEDANO & S. RUBIO JARA (eds.), *Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre*. In: *Geología, Zona Arqueológica 4*. Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, Spain, 134-155.
- Rosas, A., Huguet, R., Pérez-González, A., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Vallverdú, J., van der Made, J., Allué, E., García, N., Martínez-Pérez, R., Rodríguez, J., Sala, R., Saladie, P., Benito, A., Martínez-Maza, C., Bastir, M., Sánchez, A., Parés, J.M. (2006). The "Sima del Elefante" cave site at Atapuerca (Spain). *Estudios Geológicos*, 62 (1), 327-348.
- Ruiz Sánchez, F. J. (1999). Estudio paleontológico de los roedores fósiles del Mioceno inferior de la cuenca del Río Magro (Valencia). Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, 395 pp.
- Rzabik-Kowalska, B. (1998). Climate and history of European shrew (family Soricidae). *Acta Zoologica Cracoviense*, 38, 95-107.
- Sese, C. y Gil, E. (1987). Los Micromamíferos del Pleistoceno Medio del Complejo Cárstico de Atapuerca (Burgos). *El Hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca I*. Ed: Aguirre, E., Carbonell, E. y Bermúdez de Castro, J.M. Junta de Castilla y León 28, 75-92.
- Sesé, Carmen (1989). Micromamíferos del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno de la cuenca del Guadix-Baza (Granada). *Trabajos sobre el Neógeno-Cuaternario*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Editado por Maria Teresa Alberdi y Francesco Paolo Bonadonna 11, 185-213.

Sesé, C. (1991). Interpretación paleoclimática de las faunas del micromamíferos del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno de la cuenca de Guadix-Baza (Granada). *Estudios Geológicos*, 47, 73-83.

Sesé, C.; Alberdi, M.T.; Mazo, A. & Morales, J. (2001). Mamíferos del Mioceno, Plioceno y Pleistoceno de la Cuenca de Guadix-Baza (Granada, España): revisión de las asociaciones faunísticas más características. *Paleontología i Evolució* 32-33, 31-36.

Sesé, C. (2005). Aportación de los micromamíferos al conocimiento paleoambiental del Pleistoceno Superior en la Región Cantábrica: Nuevos datos y síntesis. Museo de Altamira. Monografías, 20, 167-200.

Siori, M. S. & Sala, B. (2007). The mammal fauna from the late Early Biharian site of Castagnone (Norther Monferrato, Piedmont, NW Italy). *Geobios*, 40, 207-217.

Williams, S. E., Marsh, H. y Winter, J., 2002. Spatial scale, species diversity, and habitat structure: small mammals in Australian tropical rain forest. *Ecology*, 83 (5), 1317-1329.

## Páginas webs consultadas

<http://www.atapuerca.tv/>

<http://www.atapuerca.com/>

<http://www.atapuerca.org/>

<http://www.vertebradosibericos.org/>